



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN BRUSKY NA PLOCHO

DESIGN OF SURFACE GRINDING MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Eva Bajková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav konstruování
Studentka:	Bc. Eva Bajková
Studijní program:	Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor:	Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce:	doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design brusky na plocho

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vizuální zpracování většiny současných strojů pro broušení rovinných horizontálních ploch sleduje především funkční požadavky a vykazuje jistou vzájemnou uniformitu danou, mimo jiné, i použitím identických výrobních technologií. Důraz na originalitu a nekonvenční pohled na řešenou problematiku ukáže nové možnosti vývoje designu brusek na plocho v blízké budoucnosti.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je navrhnout koncepční design brusky na plochu s parametry: upínací deska 500 x 1000 mm, vzdálenost vřeteno–stůl cca 600 mm. Hlavní použité materiály jsou kov a plast. Stroj je určen pro malosériovou výrobu a profesionální klientelu.

Dílčí cíle diplomové práce:

- analyzovat současnou produkci brusek na plochu, identifikovat silné a slabé stránky,
- navrhnout originální a esteticky působivé řešení,
- realizovat prostorový model.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2019.pdf

Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá koncepčním designem brusky na plocho. Cílem je analyzovat současné produkty na trhu a navrhnout nové designérské a ergonomické řešení tohoto zařízení. Výsledkem je koncepční návrh rovinné brusky, která je charakteristická progresivním tvarováním a intuitivním ovládáním. Práce přináší vizi a nový pohled na řešení obráběcího stroje z designérského, ergonomického a technického hlediska.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rovinná bruska, obráběcí zařízení, obrábění, broušení, design

ABSTRACT

The diploma thesis focuses on a conceptual design of a surface grinding machine. Aim of this work is to analyze current products and create a new design and ergonomic proposal. Result of this work is a concept of a surface grinding machine, that is defined by its progressive form and intuitive operation. The thesis brings a vision and a new solution for a current machine tool design from an ergonomic and technical perspective.

KEYWORDS

Surface grinder, machine tool, machining, grinding, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BAJKOVÁ, Eva. *Design brusky na plocho*. Brno, 2019, 80 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, ArtD. za vstřícný přístup a hodnotné připomínky, které mi poskytl v průběhu mé práce. Velké dík také patří mému příteli Ing. Ondřejovi Dvořáčkovi za pomoc a cenné rady. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým rodičům za jejich trpělivost a podporu při studiu.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislava Křenka, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	7
PODĚKOVÁNÍ	9
PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE	9
OBSAH11	
1 ÚVOD	14
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	15
2.1 Historie	15
2.2 Designérská analýza	17
2.2.1 Rovinná bruska KNUTH HFS 3063	17
2.2.2 Rovinná bruska Warco	18
2.2.3 Rovinná bruska FSM 2045	19
2.2.4 CNC rovinná bruska BP-50100-2AX	21
2.2.5 CNC rovinná bruska SMART-B1224-III	22
2.2.6 CNC rovinná bruska ACC-42SA iQ	23
2.2.7 Celkové zhodnocení	24
2.3 Technická analýza	25
2.3.1 Broušení	25
2.3.2 Druhy brusek	25
2.3.3 Části stroje	26
2.3.4 Brusný kotouč	27
2.3.5 Upínání obrobku	30
2.3.6 Posuv stolu	30
2.3.7 Lože a vedení	31
2.3.8 Chlazení	31
2.3.9 Ovládací panel	31
2.3.10 Teplotní chyba	33

3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	34
3.1	Analýza problému	34
3.2	Cíl práce	35
3.2.1	Charakteristika problematiky a cíle práce dle zadání	35
3.2.2	Navrhované řešení	35
3.2.3	Silné stránky	36
3.2.4	Cílová skupina	36
4	VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	37
4.1	První variantní studie	38
4.2	Druhá variantní studie	39
4.3	Třetí variantní studie	41
5	TVAROVÉ ŘEŠENÍ	43
5.1	Kompoziční řešení	43
5.1.1	Lože	44
5.1.2	Suport	46
5.1.3	Stojan	47
6	KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	49
6.1	Rozměrové řešení	49
6.2	Technické řešení	50
6.2.1	Vnitřní uspořádání lože	50
6.2.2	Vnitřní uspořádání stojanu	51
6.2.3	Ovládací panel	52
6.2.4	Posuvy v osách	53
6.2.5	Materiál	55
6.3	Ergonomické řešení	55
6.3.1	Obsluha stroje	56
6.3.2	Bezpečnost	58
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	60
7.1	Barevné řešení	60
7.2	Grafické řešení	62
7.2.1	Logotyp	62
7.2.2	Piktogramy	63
7.2.3	Displej	63

8	DISKUZE	65
8.1	Psychologická funkce	66
8.2	Sociální funkce	66
8.3	Ekonomická funkce	66
8.4	Marketingová analýza	66
8.4.1	Cílová skupina	67
8.4.2	Cenová hladina	67
8.4.3	Marketingová strategie	67
8.4.4	SWOT analýza	67
9	ZÁVĚR	68
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	69
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	71
12	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	72
13	SEZNAM TABULEK	74
14	SEZNAM PŘÍLOH	75
15	ZMENŠENÉ POSTERY	76
16	FOTOGRAFIE MODELU	80

1 ÚVOD

Rovinné brusky jsou nedílnou součástí všech velkých průmyslových zařízení i menších soukromých provozů. Jedná se o obráběcí zařízení určené k finálním úpravám rovinných ploch obrobku. Kvalita obrobeného povrchu je z funkčního hlediska zásadní a je dána kvalitou zpracování samotného stroje.

I přestože jsou tyto zařízení hojně využívány, jejich řešení se od dob prvních rovinných brusek příliš nezměnilo. Obráběcí stroje jsou vyráběny hlavně za účelem přesnosti, spolehlivosti, bezpečnosti a produktivity při práci. Rovinné brusky tedy odpovídají všem funkčním zásadám optimalizující výrobu, avšak lidský faktor, v podobě ergonomie, vizuálního působení a snadného a intuitivního ovládní, je zde zanedbán.

Tato práce se zabývá návrhem koncepčního řešení rovinné brusky. Hlavním cílem je analyzovat nedostatky stávajících produktů po designérské i technické stránce a navrhnout nové řešení s důrazem na estetické kvality a ergonomii při práci. Důležitým aspektem koncepční práce je také inovativní přístup k celkové problematice, který bude ztvárněn využitím nových materiálů a progresivním tvarováním. Záměrem je tak vytvořit budoucí vizi obráběcích zařízení po vizuální a technologické stránce.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Historie

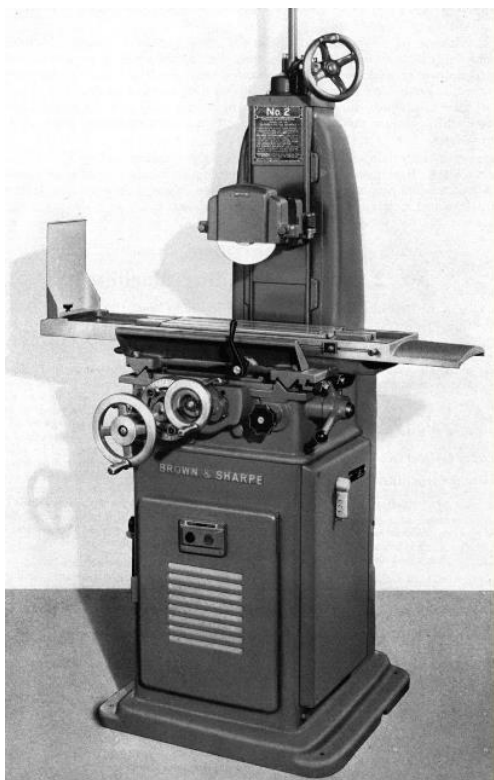
Proces broušení je jednou z nejstarších obráběcích metod, sahající již do prehistorických dob. Jedná se o metodu ubírání materiálu tvrdším médiem. První brousící technika používala volné brusivo – písek spolu s kamennou či dřevěnou podložkou. Dalším způsobem broušení bylo použití hornin, které obsahovaly jemné částičky velmi tvrdého minerálu jako např. pískovec, pemza či tvrdší korund. [1]

Postupem času se začal klást důraz na urychlení a usnadnění brousícího procesu, čímž došlo ke vzniku nových sofistikovanějších nástrojů. Jedním z nich byl brus (obr. 2-1), který se využíval převážně k ostření nožů a jiných náčiní. Jednalo se o jednoduché mechanické zařízení, kde hlavním prvkem byl brusný kotouč z abrazivního materiálu, poháněn klikou nebo šlapacím pedálem. [1]



obr. 2-1 Brus se šlapacím pedálem [2]

Zásadním milníkem v rozvoji obráběcích strojů, tedy i brusných zařízení, bylo považováno období industrializace, kdy došlo ke vzniku mnohých specializovaných firem. Jednou z nich byla také společnost Brown & Sharpe, která se zabývala vývojem a výrobou průmyslových strojů. Součástí jejich široké nabídky bylo také mnoho typů brusek. V roce 1940 byla uvedena na trh ručně ovládaná rovinná bruska se sériovým číslem No. 2 (obr. 2-2), která se stala populární po celém světě díky své spolehlivosti a efektivitě. [3] [4]



obr. 2-2 Rovinná bruska No. 2 [4]

Během nadcházejících let se vývoj zaměřil především na způsob pohonu, který postupně přešel z ručního ovládání na hydraulický pohon. Dalším významným krokem bylo také zavedení elektromotoru, který se využívá dodnes u velké většiny zařízení. Ačkoli množství aplikací nových a sofistikovanějších technologií při výrobě obráběcích strojů stále narůstá, charakter a způsob použití rovinných brusek v průběhu let nezaznamenal značný rozdíl. [5]

2.2 Designérská analýza

Rovinné brusky jsou často využívaným obráběcím zařízením, které slouží k závěrečným úpravám povrchu obrobku. [1] Na dnešním trhu se nachází mnoho druhů rovinných brusek lišící se svými parametry – velikost upínací desky, výkon, otáčky brusného kotouče a podobně. Obecně se však brusky dělí do dvou skupin, a to na zcela automatické CNC (Computer Numerical Control) či manuální. V následující designérské analýze jsou uvedeny tři mechanicky ovládané zařízení a tři automatické CNC brusky. U manuálních brusek je chod řízen počítačem, ale posuvy v osách je nutno nastavovat pomocí ručních kol. Tento typ zařízení je náročnější na ergonomii a samotnou obsluhu stroje. Výhodou je však flexibilita při práci, čímž tyto typy vyhovují spíše menším soukromým provozům. Automatické brusky jsou naopak určeny do velkých průmyslových závodů, kde je kladen důraz na rychlost a efektivitu práce.

2.2.1 Rovinná bruska KNUTH HFS 3063

Rovinná bruska KNUTH HFS 3063 (obr. 2-3) od společnosti Pilart je určena pro menší provozy a soukromé zařízení. Jedná se o starší model brusky s manuálním ovládáním s možností využití přednastavených automatických brusných cyklů. Bruska je stabilně usazena na litinovém stojanu. Na něm se nachází nekrytovaný posuvný stůl, který je osvětlen LED svítlnou. Ovládání je zajištěno ovládacím panelem s tlačítky a dotykovou obrazovkou umístěno na rameni vycházející ze stojanu stroje. [6]



obr. 2-3 Rovinná bruska KNUTH HFS 3063 [6]

Zařízení (tab. 2-1) je vybaveno magnetickou upínací deskou, která je umístěna na hydraulicky poháněném stole, který koná pohyb ve směru osy X a Y. Brusný kotouč umístěn na sloupu koná pohyb ve směru osy Z. [6]

tab. 2-1 Základní parametry brusky KNUTH HFS 3063 [6]

Základní parametry	
Celkové rozměry [mm]	2150 × 1940 × 2195
Rozměry upínací desky [mm]	300 × 600
Otáčky brusného kotouče [ot.min⁻¹]	1450
Výkon hlavního motoru [W]	4000
Hmotnost [kg]	1900

Tvarování brusky je velmi strohé a vychází ze základních geometrických tvarů. Celé zařízení je rozčleněno na několik nesourodých segmentů. Design podléhá konstrukčnímu řešení s důrazem na funkčnost a odolnost při plném provozu. Na stojanu zařízení, stolu a držáku brusného kotouče je použita modrá barva, pro upínací desku a spodní část stolu je zvolena barva bílá. I přestože se zvolená kombinace doplňuje, sytě modrá na většině prvcích působí příliš jednoduše.

2.2.2 Rovinná bruska Warco

Průmyslová hydraulická bruska od společnosti Warco (obr. 2-4) patří mezi starší typy rovinných brusek. Je vybavena automatickým posuvem stolu se zpětným chodem. Při použití ručního posuvu se přesnost broušení pohybuje okolo 0,005 mm. [7]



obr. 2-4 Rovinná bruska Warco [7]

Zařízení obsahuje zásobník na chladicí kapalinu a nádrž na hydraulický olej, které jsou umístěny vedle stojanu. Bruska (tab. 2-2) je dále vybavena magnetickým sklíčidlem a halogenovým pracovním světlem. [7]

tab. 2-2 Základní parametry brusky Warco [7]

Základní parametry	
Celkové rozměry [mm]	1400 × 1000 × 1900
Rozměry upínací desky [mm]	150 × 450
Otáčky brusného kotouče [ot.min⁻¹]	3000
Výkon hlavního motoru [W]	1120
Hmotnost [kg]	885

Zařízení je usazeno na stojanu, který se ve spodní části mírně rozšiřuje, čímž je zajištěna větší stabilita. Na podstavci se nachází stůl s upínací deskou, která není krytována, což zvyšuje riziko úrazu odletujícími částecí kovu. Osvětlení stolu je zajištěno halogenovou lampou. Bruska je řízena pomocí tlačítek na ovládacím panelu, který se nachází ve spodní části vedle stojanu a z ergonomického hlediska není vhodně umístěn. V horní části se nachází obrazovka, kde je možno kontrolovat chod zařízení.

Rovinná bruska od společnosti Warco patří mezi starší modely, čemuž také odpovídá tvarové řešení. I přestože je design čistě funkční a odpovídá místu a způsobu použití, zpracování je velmi zastaralé a nachází se zde mnoho vizuálně rušivých prvků. Hlavní barvou je zelená, která je doplněna černou a je použita na většině prvcích zařízení. Tmavá barevnost u tohoto stroje není vhodně zvolena. Bruska působí těžkým a zastaralým dojmem a nejsou zde viditelně rozlišeny funkční části.

2.2.3 Rovinná bruska FSM 2045

Široce rozšířenou rovinnou bruskou je model FSM 2045 (obr. 2-5) od společnosti MetallKraft, která je velmi oblíbená v průmyslovém odvětví. Jedná se o velmi přesnou brusku na plocho s počítačově řízeným vertikálním posuvem, který je také programovatelný a dominuje funkcí rychloposuvu se zpětným chodem. [8]



obr. 2-5 Rovinná bruska MetallKraft FSM 2045 [8]

Bruska je umístěna na podstavci s vyrovnávacími nožkami. Stabilitu a tuhost zajišťuje žíhaná a tvrzená litinová konstrukce. Hlavním prvkem je stůl, který je opatřen elektromagnetickou upínací deskou (tab. 2-3) s funkcí automatického odmagnetizování. Stůl je také vybaven halogenovým osvětlením. Ovládání je zajištěno ovládací tlačítkovou deskou, která je zafixována k podstavě. [8]

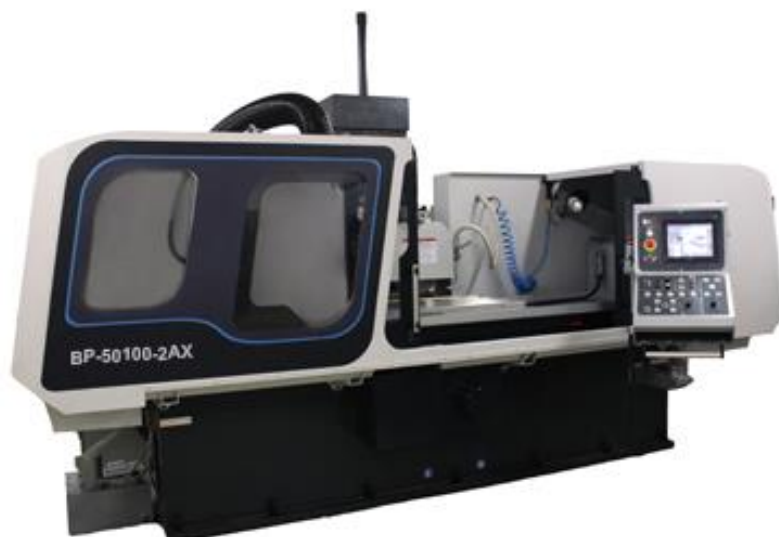
tab. 2-3 Základní parametry brusky FSM 2045 [9]

Základní parametry	
Celkové rozměry [mm]	2100 × 1200 × 1700
Rozměry upínací desky [mm]	200 × 450
Otáčky brusného kotouče [ot.min⁻¹]	2900
Výkon hlavního motoru [W]	1500
Hmotnost [kg]	1350

Design brusky FSM 2045 je řešen velmi konstrukčně a stroze v závislosti na způsobu použití a prostředí ve kterém se nachází. Celkový tvar je složen z několika sekcí. I přestože je forma jednoduchá a čistá, jednotlivé prvky na sebe navenávají. Bruska obsahuje mnoho tvarově a materiálově rozdílných součástí, což z vizuálního hlediska působí nevyváženým a chaotickým dojmem. Barevnost stroje s dominující bílou doplněná o modré prvky je střídá a jednoduchá a barvami se podobá lékařským přístrojům. Logo je umístěno na přední části podstavce. Celkové barevné a grafické řešení působí klidným a vyváženým dojmem.

2.2.4 CNC rovinná bruska BP-50100-2AX

Rovinná bruska BP-50100-2AX (obr. 2-6) od společnosti M-MOOS patří mezi nejmodernější obráběcí zařízení určené pro automatickou výrobu. Pracovní plocha stolu je krytována posuvnými dveřmi. Zařízení disponuje vlastním řídicím systémem s dialogovým programováním s cykly pro různé obrobky. [10]



obr. 2-6 Rovinná bruska M-MOOS BP-50100-2AX [10]

Upínací deska (tab. 2-4) je chráněna dveřmi, které po otevření zajišťují dostatečný prostor pro manipulaci s obrobkem. Krytování také obstarává bezpečnost obsluhy při chodu zařízení. Osvětlení upínací desky je opatřeno pomocí dvou lamp. Ovládání je řízeno obslužným panelem u posuvných dveří, který je vybaven 10" dotykovým displejem. [10]

tab. 2-4 Základní parametry brusky BP-50100-2AX [10]

Základní parametry	
Celkové rozměry [mm]	-
Rozměry upínací desky [mm]	500 × 1000
Otáčky brusného kotouče [ot.min ⁻¹]	2400
Výkon hlavního motoru [W]	7500
Hmotnost [kg]	5800

Bruska BP-50100-2AX má na současném trhu jedno z nejpokročilejších tvarových řešení. Díky krytování, působí kompaktním dojem a množství vizuálně rušivých prvků je omezeno na minimum. Dominují zde geometrické tvary se zaoblením, které celkový tvar odlehčují. I přestože se jedná o průmyslové zařízení, bruska působí velmi čistě a moderně. Barevné řešení brusky se dělí na dvě části. Pro podstavec a držák brusného kotouče je zvolena černá barva. Krytování, které tvoří největší celek, je řešeno šedou a černou barevnou kombinací s modrým lemováním okolo prosklených průhledů.

2.2.5 CNC rovinná bruska SMART-B1224-III

Rovinná bruska SMART-B124-III (obr. 2-7) od společnosti Chevalier je plně automatické zařízení určené pro mnohé odvětví strojírenství. I přestože se jedná o CNC rovinnou brusku pracující s přednastavenými brousícími režimy, je zde také možnost využití ručního ovládání, což je výhodou pro menší výrobní provozy. [11]



obr. 2-7 Rovinná bruska SMART-B1224-III [11]

Zařízení (tab. 2-5) je opatřeno krytovaním upínací desky posuvnými dveřmi, což zajišťuje ochranu uživatele i vnitřních komponent. Vedle dveří se nachází ovládací panel připevněn na rameni, které vychází ze základny stroje. Umístění ovládacích prvků je z ergonomického hlediska vhodně zvoleno. Uživatel má jasný přehled o brousícím procesu a ovládače jsou umístěny logicky na jednom místě ve správné výšce.

tab. 2-5 Základní parametry brusky SMART-B1224-III [11]

Základní parametry	
Celkové rozměry [mm]	2650 × 2565 × 2200
Rozměry upínací desky [mm]	300 × 600
Otáčky brusného kotouče [ot.min ⁻¹]	1800
Výkon hlavního motoru [W]	11000
Hmotnost [kg]	3200

Tvarování zařízení je jednoduché a vychází ze dvou kvádrů, které odpovídají rozložení vnitřního litinového rámu a plechového krytování. Kompozice celého stroje je nevyvážená a nelogická. Podstava je vůči horní části příliš malá, což z vizuálního i funkčního hlediska působí nestabilně. Barevné řešení nijak nedoplňuje celkové tvarování. Zvolené šedá barva na většině částí stroje je neutrální a pro obráběcí zařízení vhodná. Avšak kombinace dané kompozice a zvolené barvy působí velmi těžkopádně.

2.2.6 CNC rovinná bruska ACC-42SA iQ

CNC rovinná bruska ACC-42SA iQ (obr. 2-8) od společnosti Okamoto je určena pro obrábění menších až středně velkých obrobků. Broušení je řízeno naprogramovanými automatickými cykly. Upínací deska je částečně krytována a v přední části se nachází průhled na pracovní plochu. [12]



obr. 2-8 Rovinná bruska ACC-42SA iQ [12]

Obsluha tohoto zařízení je řešena dvěma ovládacími panely. Jeden je umístěn v přední části stroje a druhý je spolu s obrazovkou upevněn na rameni. Oba panely jsou z ergonomického hlediska vhodně umístěny. Ovládací prvky jsou přehledně a logicky uspořádány na pracovní ploše zařízení (tab. 2-6).

tab. 2-6 Základní parametry brusky ACC-42SA iQ [12]

Základní parametry	
Celkové rozměry [mm]	2270 × 2781 × 2093
Rozměry upínací desky [mm]	200 × 400
Otáčky brusného kotouče [ot.min⁻¹]	3600
Výkon hlavního motoru [W]	2200
Hmotnost [kg]	2100

Tvar tohoto stroje je čistě geometrický a vychází z kvádrů. Na přední straně po bocích se nacházejí prolisy, které vizuálně oddělují podstavec od horního krytování. Přední plocha je také rozdělena průhledem na pracovní prostor. I přestože je tvar velmi strohý a jednoduchý, bruska působí kompaktně a celistvě. Barevnost zařízení je řešena šedou barvou na krytování a částečně i na podstavci, který je také lemován černou. Zařízení je tak opticky rozčleněno na několik segmentů a horizontální pruhy tmavé barvy celkový tvar odlehčují.

2.2.7 Celkové zhodnocení

Tvarové řešení současných produktů je velmi konzervativní a v mnoha případech zastaralé. U těchto zařízení jsou kladeny vysoké nároky na přesnost a odolnost, čemuž také odpovídá celkové zpracování. Forma rovinných brusek je velmi jednoduchá, sestavena většinou ze základních geometrických tvarů. Nedostatkem je řešení celkové kompozice, která je složena z mnoha nesourodých segmentů. Zařízení poté působí velmi chaoticky a nejednotně. Progresivnější tvarování se objevuje až u brusky BP 50100-2AX, která je díky krytování kompaktní a celková forma působí velmi kultivovaně a moderně. Obecně lze konstatovat, že CNC zařízení jsou z designérské hlediska mnohem pokročilejší.

Ovládání brusek je obvykle řešeno panelem upevněným na rameni v pravé části stroje. U zařízení FSM 2045 a Warco je ovládání nevhodně umístěno. Nachází se přibližně ve výšce 600 mm, což nevyhovuje zásadám ergonomického pracoviště. [9] [13] U brusek BP-50100-2AX, SMART-B124-III a ACC-42SA iQ je ovládací panel řešen pomocí dotykové obrazovky a tlačítkových ovladačů, který je umístěn na rameni vedle posuvných dveří. Toto rozložení je z uvedených příkladů nejvhodnější díky kompaktnímu uložení ovladačů na jednom místě a možnosti kontroly brousícího procesu.

2.3 Technická analýza

2.3.1 Broušení

Broušení je metoda třískového obrábění rovinných, válcových nebo tvarových vnějších a vnitřních ploch, které se používá zejména ve strojírenském průmyslu k dokončovacím pracím s vysokou přesností a jakostí obrobeného povrchu. Opracovávanými materiály jsou nejčastěji kovy (i s vysokou pevností a tvrdostí jako kalené oceli) ale také nekovové materiály jako keramika, sklo, dřevo či plast. [1] [14]

2.3.2 Druhy brusek

Brusky se dělí na několik typů podle druhu operace, ke které se používají.

Hrotové brusky

Slouží k broušení rotačních ploch (válcových, kuželových, tvarových) axiálním nebo zápichovým způsobem. Obrobek je upnut mezi hroty nebo do sklíčidla vřeteníku. Rozlišují se dva typy hrotových brusek – s posuvným stolem (menší a střední zařízení) nebo s posuvným vřeteníkem (větší zařízení). [1] [15]

Brusky na díry

Využívají se k broušení vnitřních rotačních ploch (válcových, kuželových, tvarových). V posuvném sklíčidle je upnut otáčející se obrobek. Díky malému průměru brousícího kotouče, jsou zde velmi vysoké otáčky vřetene. [1] [15]

Bezhraté brusky

Používají se k broušení vnějších a vnitřních ploch (válcových, tvarových) v hromadné a sériové výrobě. Brusky jsou vybaveny dvěma mimoběžnými vřeteníky, na jednom je brousící kotouč a na druhém podávací. Pro zajištění pohybu obrobku, musí být tření mezi podávacím kotoučem a obrobkem větší než obvodová síla mezi obrobkem a brousícím kotoučem. [1] [15]

Rovinné brusky

Rovinné brusky (obr. 2-9) se využívají k broušení rovinných ploch. Obrobek se připevňuje pomocí magnetické upínací desky nebo na stůl prostřednictvím upínek nebo svěráku. Broušení plochy je zajištěno obvodem nebo čelem brusného kotouče. Dalším typem toho zařízení je také dvoustožanová rovinná bruska. [1] [15]



obr. 2-9 Rovinná bruska (vlastní dokumentace)

Pásové brusky

Slouží k broušení mnoha typů ploch (rovinných, rotačních, tvarových) pomocí brusného pásu, který je snadno vyměnitelný. Výhodou tohoto typu brusky je velký výkon broušení, dobré využití brusiva a malé teplotní ovlivnění broušeného povrchu. [1] [15]

Nástrojářské brusky

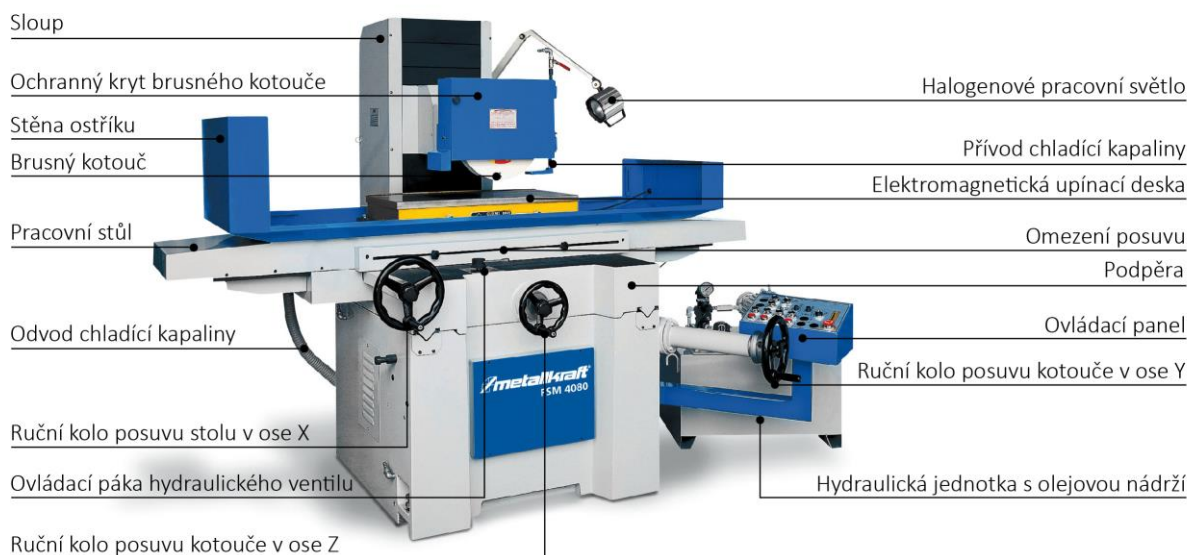
Brusky jsou určeny pro ostření rezných nástrojů. Brousící vřeteník vykonává svislý a rotační pohyb, stůl koná pohyb příčný, podélný, svislý i rotační. Speciální nástrojářské brusky slouží k ostření soustružnických nožů, vrtáků, závitníků, pil a další. [1] [15]

Speciální brusky

Tento typ brusek je speciálně konstrukčně řešen zpravidla na jeden druh operace. Využívá se například k broušení závitů či ozubených kol. [1] [15]

2.3.3 Části stroje

Rovinná bruska (obr. 2-10) se skládá ze tří hlavních částí – lože, posuvného stolu a stojanu. Brusný kotouč je umístěn v ochranném krytu na stojanu zařízení a vykonává pohyb ve směru osy Z. Na posuvném stole se nachází elektromagnetická upínací deska, která koná spolu se stolem pohyb ve směru osy X a Y. Ovládání zařízení je zajištěno ovládacím panelem, který se nachází na rameni ve spodní části stroje. Pro ruční posuvy stolu slouží kola umístěna na stojanu brusky. [9]



obr. 2-10 Vnější části stroje [9]

Většina funkčních komponent se nachází vně zařízení. Hlavními prvky, umístěny uvnitř stroje, jsou servomotory s kuličkovým šroubem, které zajišťují lineární pohyb brusného kotouče na sloupu. Rotační pohyb je opatřen asynchronním motorem a posuv upínací desky v ose X je zabezpečen hydraulickou soustavou. Dalším důležitým prvkem je také elektrický rozvaděč, který zajišťuje bezpečnost a ovládání celého stroje.

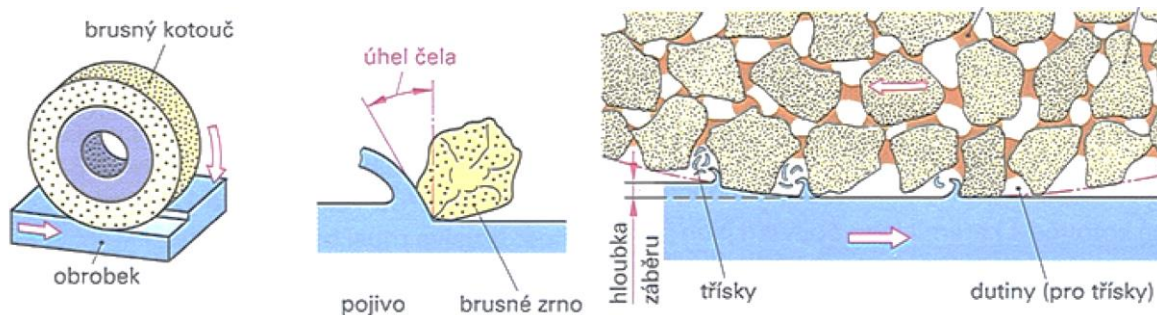
2.3.4 Brusný kotouč

Hlavním brousícím nástrojem rovinných brusek je brusný kotouč, který se skládá z malých zrn brusiva, vhodného pojiva a pórů. Materiál brusiva (tab. 2-7) je umělá či přírodní krystalická látka s tvrdými ostrohrannými zrny, které vykazují specifické vlastnosti (tvar, ostrost, žáruvzdornost, tvrdost). Zrna jsou vázaná organickým či anorganickým pojivem, které stanovuje soudržnost brusného nástroje. V brusném kotouči se dále nacházejí mezery – póry, které zajišťují odchod třísek. [1] [14] [15]

tab. 2-7 Materiál brusiva a pojiva [14]

Brusivo		Pojivo	
Přírodní	Umělý	Organické	Anorganické
Granát	Korund	Pryžové	Keramické
Smírek	Karbid křemíku	Šelakové	Silikátové
Pazourek	Karbid bóru	Umělá pryskyřice	Magnezitové
Diamant	Kubický nitrid bóru	Klíh	Kovové

Při broušení dochází k rotačnímu pohybu kotouče a velké množství zrn, která jsou nepravidelně rozmístěna na pracovní ploše, odebírají současně třísky velmi malých průřezů a různých velikostí (obr. 2-11). Po určité době dochází k tzv. samoostření, kdy vlivem otupování zrn dochází k nárůstu řezné síly a opotřebované krystaly se začnou vylamovat. Díky tomu se odkrývají nova, ostrá zrna brusného kotouče. [14]



obr. 2-11 Odebírání materiálu brusným kotoučem [14]

Rozměry a geometrický tvar kotouče jsou normalizovány. Různé tvary jsou použity v závislosti na druhu práce a broušeném povrchu. Každý brusný kotouč je také označen specifickým číslem, které vyjadřuje jeho charakteristické vlastnosti. (tab. 2-8) [1]

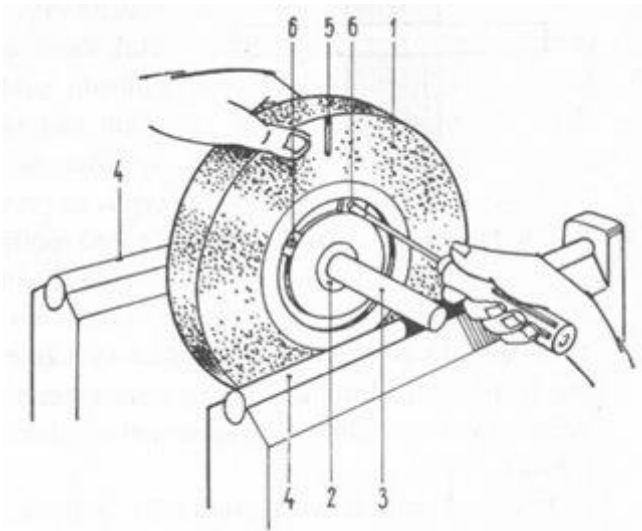
tab. 2-8 Charakteristiky brusného kotouče [14]

Označení kotouče		
A99 60 K 8 V 250x20		
Charakteristika	Označení	Popis
Materiál	A99	Umělý korund
Zrnitost	60	Střední
Tvrдость	K	Měkký
Struktura	8	Pórovitá
Pojivo	V	Keramické
Průměr [mm]	250	-
Šířka [mm]	20	-

Dle způsobu broušení a typu pojiva brusného kotouče se také volí vhodná obvodová (řezná) rychlost, která se pohybuje v rozmezí od $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (keramická pojiva) do $120 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (vyztužená pryskyřicová pojiva). [1] [15]

Upínání brusných kotoučů

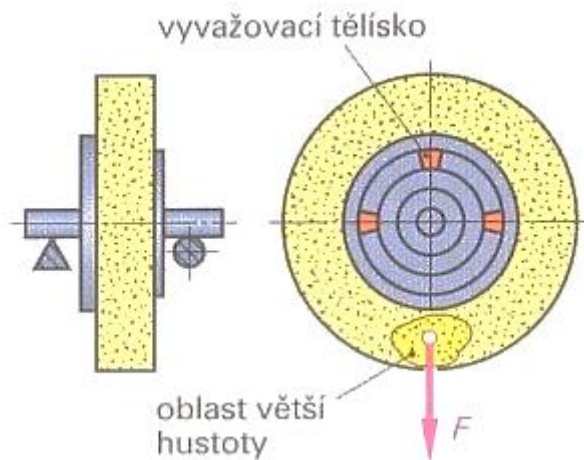
Brusné kotouče musí být na vřeteno upevněny odborně, aby byly zajištěny všechny bezpečnostní zásady. Kotouč se volně nasadí na vřeteno a poklepem se z vyvozeného tónu určí případná vada. Mezi brusný kotouč a příruby se vkládají pružné podložky nejčastěji z pryže či kůže (obr. 2-12). Průměr obou přírub musí být stejný a o 1/3 větší než průměr brusného kotouče. Uložení kotouče a čepu musí být s mírnou vůlí. [1] [14]



obr. 2-12 Upínání brusného kotouče [14]

Vyvažování brusných kotoučů

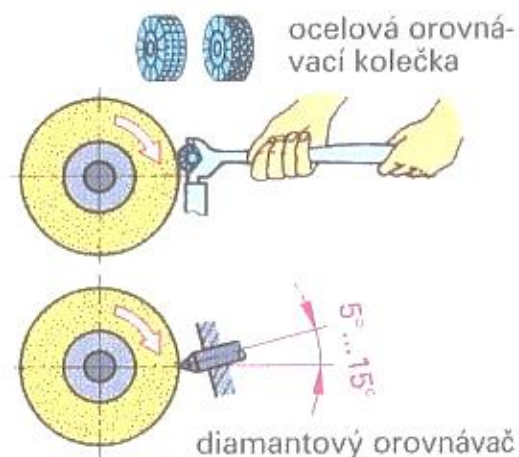
Vyvažování brusných kotoučů (obr. 2-13), které se otáčejí vysokými otáčkami, se provádí za účelem zamezení házení, které má za následek chvění, přílišné namáhání ložisek a snížení výkonu stroje. Vyvážený kotouč musí mít těžiště v ose vřetena, což se zajistí pomocí statického nebo dynamického vyvažování. [1] [14]



obr. 2-13 Vyvažování brusného kotouče [14]

Orovnávání brusných kotoučů

Pro dosažení kvalitního povrchu broušených materiálů, je také zapotřebí pravidelně upravovat geometrii kotouče. To se zajistí pomocí orovnávaní (obr. 2-14), kdy se odstraní nerovnosti a opotřebovaná zrna, čímž kotouč získá požadovaný tvar a navrátí se jeho řezivost. Orovnávání se provádí pomocí orovnávacích nástrojů (diamantové, kamenné nebo kontinuální orovnávače). [1] [14]



obr. 2-14 Orovnávání brusného kotouče [14]

2.3.5 Upínání obrobku

Pro upínání obrobků se nejčastěji používá elektromagnetická (obr. 2-15) nebo magnetická deska, která je vyrobena z měkké oceli. V desce jsou rovnoměrně rozmístěny mosazné vložky oddělující póly elektromagnetu, jejichž cívky jsou napájeny stejnosměrným proudem. Základním požadavkem pro přesnost broušení je kvalita rovinné plochy upínací desky, která se pravidelně kontroluje a podle potřeby se přebroušuje přímo na stroji. Elektromagnetické a magnetické desky se rozlišují podle hustoty pólů, kde pro větší plochy jsou vhodnější desky s menším počtem pólů a naopak. Mezi další způsoby upínání obrobku patří upínky nebo strojní svěráky. [1] [14] [16]



obr. 2-15 Elektromagnetická upínací deska [16]

2.3.6 Posuv stolu

Podélný posuv se odvozuje z šířky brusného kotouče, u rovinného broušení je určena 0,7 šířky kotouče. Radiální přísuv kotouče do řezu se při hrubování volí 0,01 až 0,1 mm na zdvih, při broušení načisto do 0,01 mm [1].

2.3.7 Lože a vedení

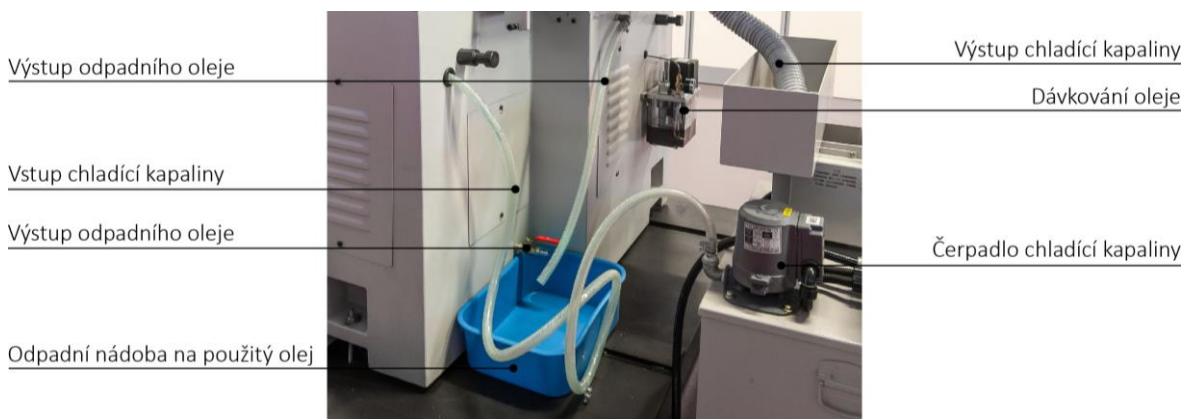
Základní součást celého rámu stroje je lože, na něm se nachází vodící plochy, které zajišťují vedení přímočarého pohybu. Kvalita zpracování těchto částí je přímo úměrná kvalitě obrobeneho povrchu. Jsou zde kladeny vysoké požadavky na tuhost, minimální deformaci, tlumení chvění a snadnou údržbu. Lože se nejčastěji vyrábí z legované litiny či z konstrukční oceli pomocí svařování. Hlavními požadavky na vedení jsou – absence vůle, odolnost proti otěru a životnost. Rozlišuje se několik druhů vedení (tab. 2-9) a volí se v závislosti na jeho charakteristikách a požadovaných vlastnostech. [17]

tab. 2-9 Druhy vedení [17]

Druhy přímočarého vedení			
Kluzné	Valivé	Jiné	Kombinované
Hydrodynamické	Uzavřené	Aerostatické	
Hydrostatické	Otevřené		

2.3.8 Chlazení

Při broušení, díky vysokým otáčkám brusného kotouče, vzniká v pracovním místě velké množství tepla, které je nutno odvádět. Místo se proto ochlazuje vzduchem, který je strháván rotujícím kotoučem nebo kapalinou (roztok elektrolytů a emulzí) (obr. 2-16). Hlavními funkcemi chlazení je odvádění tepla, udržení řezivosti kotouče a odplavování třísek a odlomených částí kotouče. [14]



obr. 2-16 Připojení chlazení [9]

2.3.9 Ovládací panel

Hlavní ovládací panel (obr. 2-17) je obvykle umístěn na přední straně stojanu brusky nebo odděleně na rameni vedle posuvného stolu. Pro ruční posuv stolu jsou určeny otočná kola umístěna na podstavci.

Nastavení rychlosti posuvu

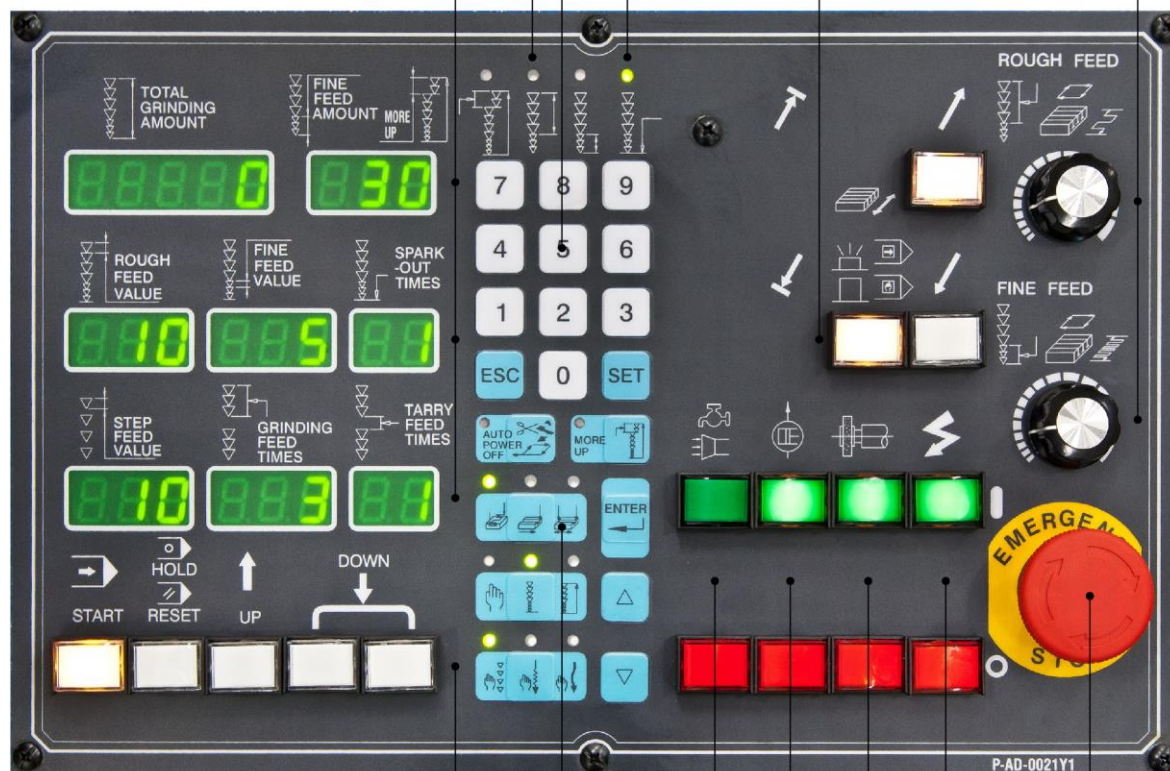
Tlačítka výběru posuvu - ručně nebo automaticky

Kontrolka jiskření

Tlačítka pro zadávání hodnot

Kontrolky posuvu

Digitální ukazatele



Nastavení brusného kotouče

Tlačítka pro zadávání způsobu broušení

Vypnutí/zapnutí přívodu chladící kapaliny

Vypnutí/zapnutí hydraulického systému

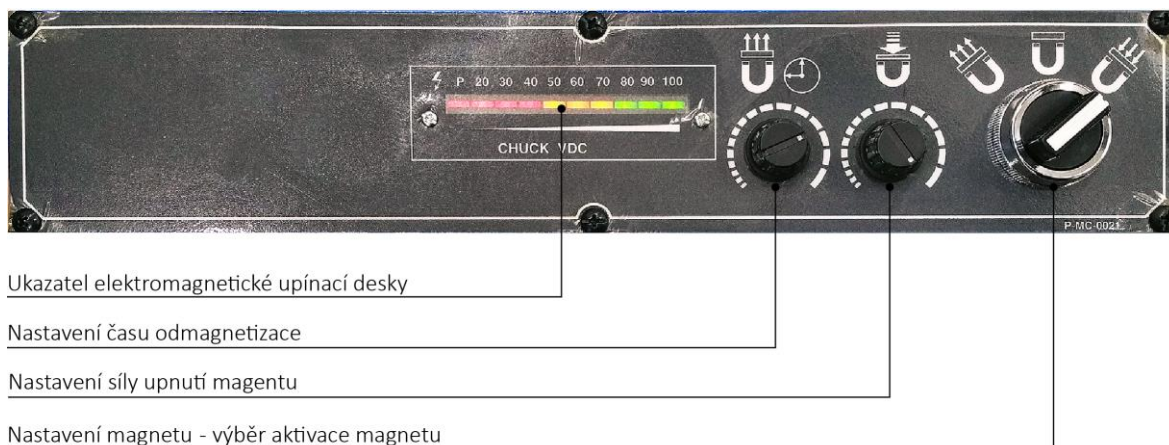
Vypnutí/zapnutí brusného kotouče

Vypnutí/zapnutí provozního napětí

Nouzový vypínač

obr. 2-17 Hlavní ovládací panel [9]

Ovládání elektromagnetické desky (obr. 2-18) je součástí hlavního panelu nebo se umísťuje odděleně mimo stojan brusky.



obr. 2-18 Ovládací panel magnetizace [9]

Upínání obrobku probíhá tak, že se součást položí na upínací desku a tlačítkem se zmagnetizuje posuvný stůl. Kovový předmět tak pevně drží na upínací desce. Po dokončení brusného procesu se stůl odmagnetizuje a obrobek se jednoduše odejme.

2.3.10 Teplotní chyba

Hlavním předpokladem kvalitně opracovaného obrobku je samotná přesnost obráběcího stroje. Ta je ovlivněna mnoha faktory, jako je zatížení, teplotní změny, působící síly, geometrická nepřesnost a další. Hlavním činitelem ovlivňující přesnost zařízení je teplotní chyba, která představuje 50-70 % z celkového počtu chybných faktorů. Příčinou této chyby jsou teplotní změny ze zdrojů vnějších (topení, ventilátory, sluneční záření) a vnitřních (chod motoru, tření v ložiscích, chladicí kapalina). [18]

Teplotní chybu lze eliminovat jejím vyloučením či kompenzací. Hlavním způsobem vyloučení teplotní chyby je použití stabilních materiálů (tab. 2-10) odolávajících teplotním změnám (kompozitní či hybridní materiály). Dilataci stroje lze také snížit izolováním zdrojů tepla či tepelně symetrickým uspořádáním stroje. [18]

tab. 2-10 Tepelné charakteristiky u vybraných materiálů [19]

Charakteristika	Materiál		
	Polymerbeton	Šedá litina	Ocel
Tepelná vodivost [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	1,3 - 2	50	50
Tepelná kapacita [$J \cdot K^{-1}$]	1	0,5	0,5
Koeficient teplotní roztažnosti [K^{-1}]	14 - 16	11	12

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Obecně jsou obráběcí stroje na současném trhu řešeny výhradně za účelem spolehlivosti, přesnosti, bezpečnosti a produktivity. Toto vyplývá především z požadavků na snížení výrobní ceny a na zvýšení vyrobeného množství s důrazem na zachování kvality výrobků. [5]

Rovinné brusky v posledních desetiletích prochází procesem modernizace, avšak mnoho výrobců je v oblasti konstrukčního řešení stále konzervativní. Tvarování nynějších přístrojů je zastaralé a odpovídá daným požadavkům pro výrobu stroje. Rovinné brusky se nejčastěji zhotovují z litinového rámu, který je opatřen plechovým krytováním. Zařízení tak splňuje potřebné parametry a funkční zásady. Celková forma brusek je obvykle velmi jednoduchá a čistá, avšak jednotlivé prvky na sebe nenavazují a zařízení působí chaotickým a nepřehledným dojmem. Chybí zde důkladnější propracování tvaru stroje ve vztahu k člověku.

Hlavním nedostatkem je nevhodné ergonomické řešení, a to především bezpečnost při práci. Při broušení dochází k odletování jisker a malých částí kovu, proto by bylo vhodné posuvný stůl zajistit ochranným prvkem. Dalším problémem je také nečitelné rozložení ovladačů. Ovládání brusky probíhá na několika místech a není definována jasná a logická struktura.

Z rešerše také vyplývá, že většina rovinných brusek pro menší provozy je stále ovládána ručně. V dnešní době však ruční ovládání jde do pozadí a manuální zařízení nahrazují CNC stroje. Pomocí současných technologií lze jednoduše brousící proces zautomatizovat.

Obecně však zařízení zcela odpovídají všem funkčním požadavkům. Problémem je však, že společnosti stále volí tradiční a ověřené postupy řešení a progresivní přístup k designu obráběcích strojů jde do pozadí. I přestože jsou základní technické parametry a principy dány, je zde velký prostor pro zlepšení a inovaci.

Dílčí problémy:

- Nepřehledné uspořádání celého stroje
- Nevhodné umístění ovládacího panelu
- Nečitelnost ovládání
- Nepropracované tvarování
- Nutnost ručního ovládání stroje

3.2 Cíl práce

3.2.1 Charakteristika problematiky a cíle práce dle zadání

Vizuální zpracování většiny současných strojů pro broušení rovinných horizontálních ploch sleduje především funkční požadavky a vykazuje jistou vzájemnou uniformitu danou, mimo jiné, i použitím identických výrobních technologií. Důraz na originalitu a nekonvenční pohled na řešenou problematiku ukáže nové možnosti vývoje designu brusek na plocho v blízké budoucnosti.

Hlavním cílem je navrhnout koncepční design brusky na plocho s parametry: upínací deska 500 × 1000 mm, vzdálenost vřeteno-stůl cca 600 mm. Hlavní použité materiály jsou kov a plast. Stroj je určen pro malosériovou výrobu a profesionální klientelu.

Díličí cíle práce dle zadání:

- Analyzovat současnou produkci brusek na plocho
- Identifikovat silné a slabé stránky
- Navrhnout originální a esteticky působivé řešení
- Realizovat prostorový model

3.2.2 Navrhované řešení

Návrh rovinné brusky s danými parametry určenými ze zadání, musí splňovat základní požadavky na obráběcí stroje. Cílem práce je nový přístup k designéřskému řešení těchto zařízení s důrazem na inovaci celkového zpracování a způsob použití.

Záměrem je zjednodušení formy pomocí eliminace nepotřebných a rušivých prvků. Mnoho dílů je upevněno z vnější části stroje, i přestože by mohlo být ukryto v jeho základně jako např. čerpadlo, ventily či vedení chladicí kapaliny. Díky krytování by se zajistil kompaktnější vzhled a ochrana součástí před prašným prostředím v provozních halách.

Hlavním požadavkem je vhodné řešení ergonomie stroje, která usnadní uživateli práci a urychlí pracovní proces. Cílem je zpřehlednit umístění ovladačů a navrhnout jasnou a logickou strukturu ovládacího panelu za účelem snadného a intuitivního ovládání. Důležitým aspektem ovládání je také minimalizovat mechanickou kontrolu a využít elektrických pohonů i pro ruční posuvy. Dalším ergonomickým požadavkem je zvýšení bezpečnosti při práci zakomponováním ochranných prvků proti odletujícím jiskrám a částicám kovu.

Dílní cíle práce dle řešerše:

- Inovativní designéřské řešení
- Zjednodušení tvaru zařízení
- Krytování vnitřních součástí
- Zpřehlednění ovládacích prvků
- Automatizace ovládaní

3.2.3 Silné stránky

Silnou stránkou rovinných brusek je především kvalita zpracování, která musí odolávat i nepřetržitému vícesměnnému provozu. Díky masivnímu řešení celé konstrukce a vhodně zvoleným materiálům jsou zařízení stabilní a vyhovují požadavku na maximální přesnost. [5]

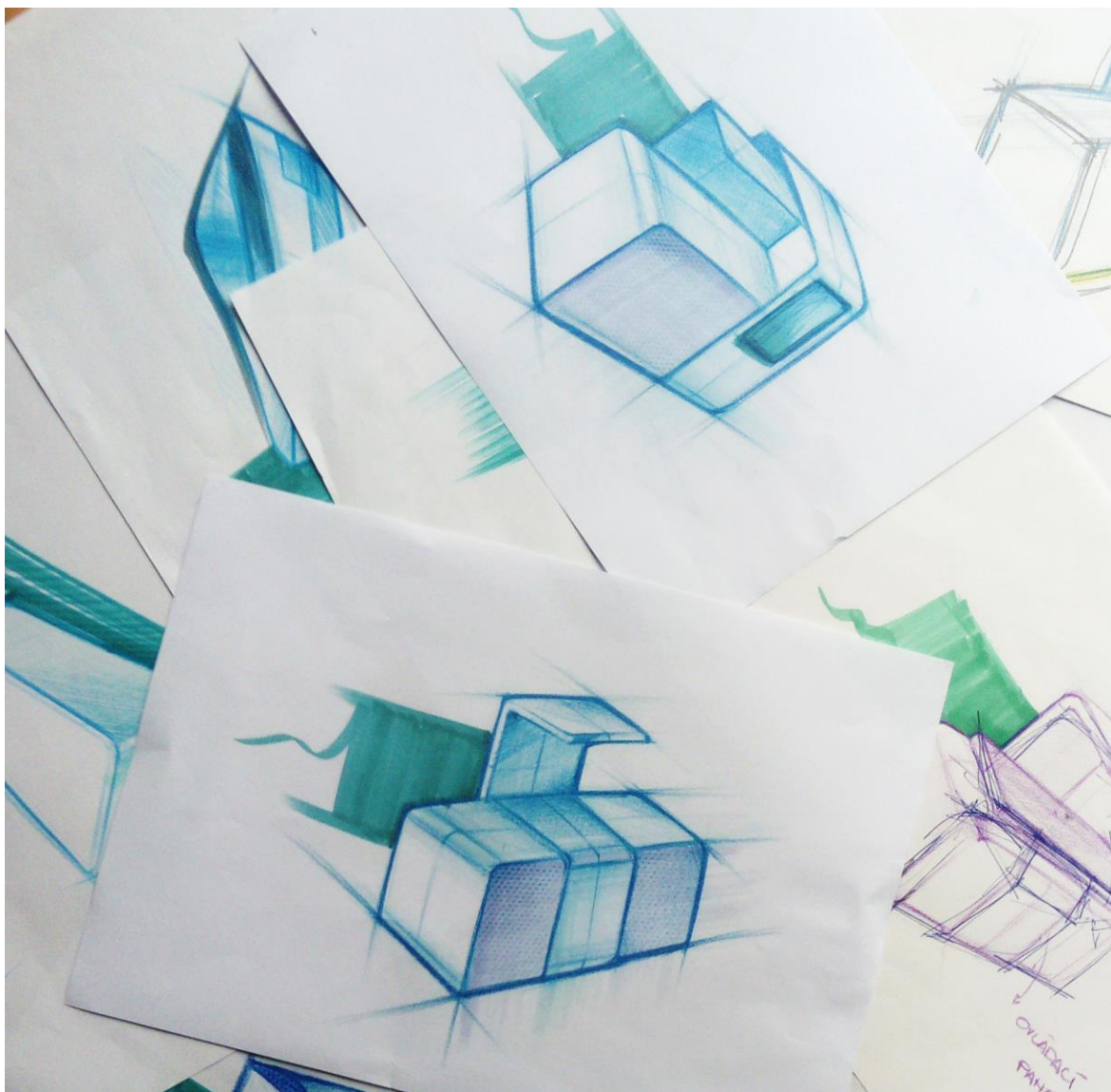
3.2.4 Cílová skupina

Cílovou skupinou rovinných brusek jsou specializovaná pracoviště zabývající se průmyslovou výrobou v malosériovém měřítku a profesionálové. Hlavním tržním segmentem jsou výzkumná centra a prototypové dílny, kde je kladen důraz na kvalitu, přesnost, spolehlivost a bezpečnost stroje s možností personalizace zařízení pro individuální potřeby uživatele.

Díky použití progresivních technologií a speciálních materiálů by se roční výroba pohybovala v řádech jednotek až desítek kusů. Cena by značně převyšovala nynější nabídku rovinných brusek, která se pohybuje v rozmezí od 100 000 Kč do 1 000 000 Kč. [6] [8] [10]

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

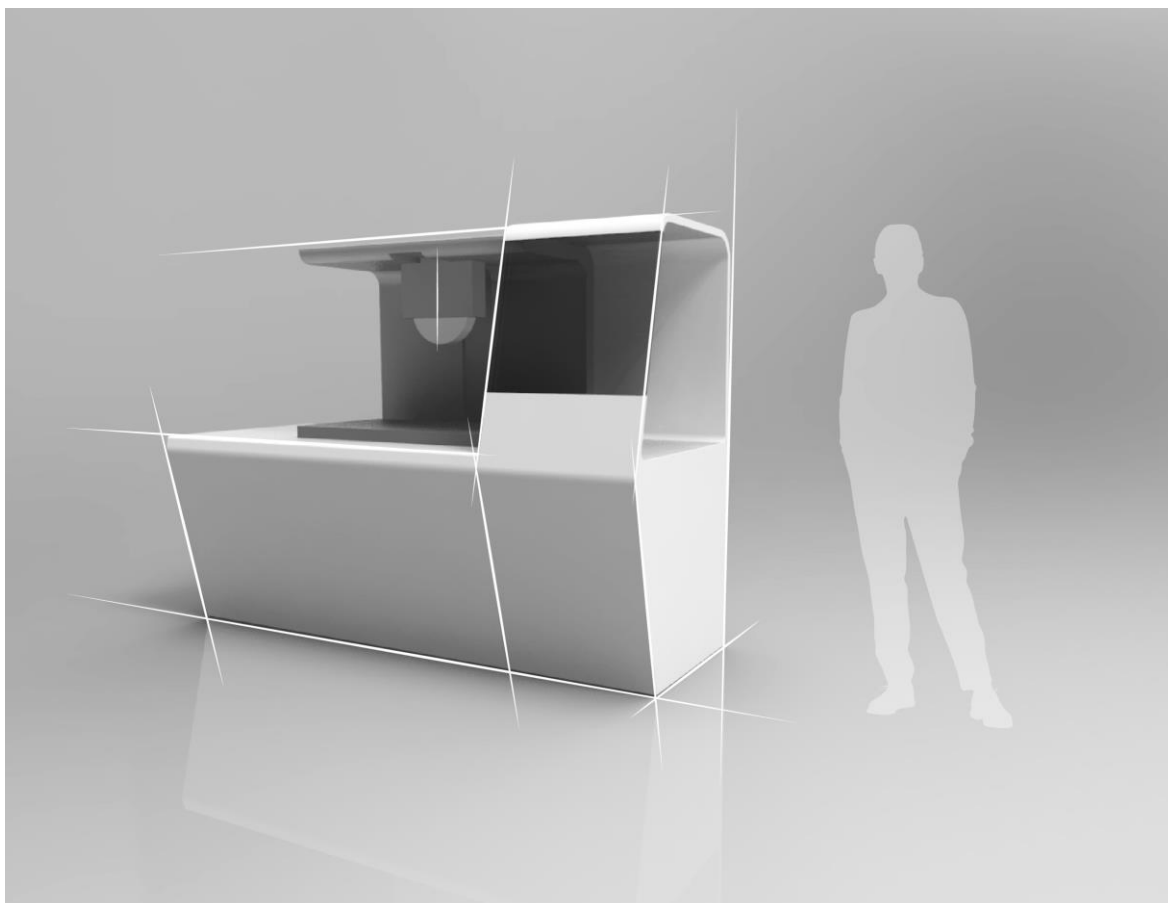
Na základě vypracované řešerše a stanovených cílů práce byly navrženy tři variantní studie designu, které se liší vzhledem, ergonomií a velikostní třídou. Před samotným designérským řešením byla také vypracována řada skic (obr. 4-1), která schematicky definovala základní myšlenky a parametry budoucího návrhu.



obr. 4-1 Skici

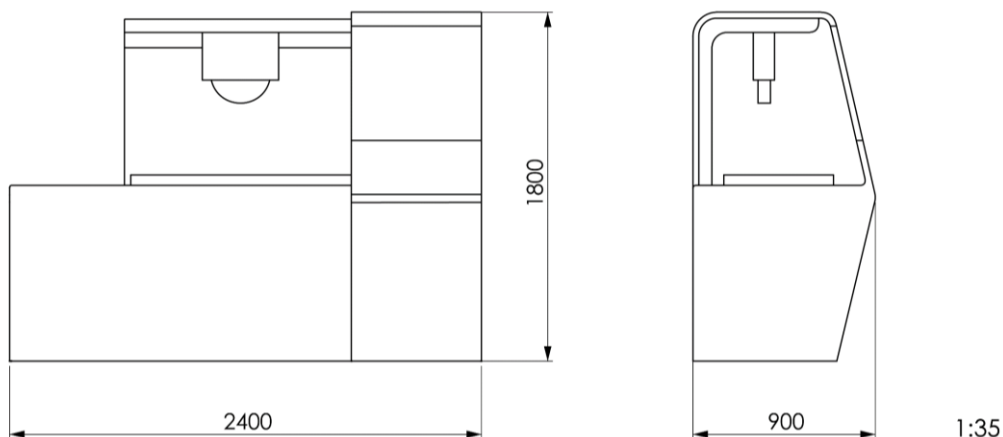
4.1 První variantní studie

První navrhovaná varianta rovinné brusky (obr. 4-2) je tvarově velmi střídá a využívá elementárních forem. Hlavním prvkem je nosný rám, který obepíná celou základní konstrukci. Přední strana stojanu je mírně zkosena, z důvodu snazšího přístupu k upínací desce. Pravá část zařízení je krytována a je zde vytvořen prostor pro ovládací prvky. Brusný kotouč je upevněn na zadní stěně základního rámu.



obr. 4-2 Variantní studie I

Rozložení vnitřních částí vychází z tradičního řešení stávajících produktů. Pozměněn je zde však způsob pohybu základních prvků. Upínací deska koná podélný horizontální pohyb, tudíž velikost stolu musí obsáhnout i krajní dojezdové polohy (obr. 4-3). Pohyb ve směr Z a Y v tomto případě koná brusný kotouč, který je upevněn na zadním nosném rámu.



obr. 4-3 Rozměry variantní studie I

U tohoto návrhu je zvolen pohyb brusného kotouče v ose Y, což umožňuje částečné krytování stroje. Upínací deska koná pouze pohyb ve směru X, tudíž nezasahuje do přední stěny. Pokud by byl zvolen posuv desky v ose X i Y, musel by být stůl dimenzován s dostatečnou šířkou.

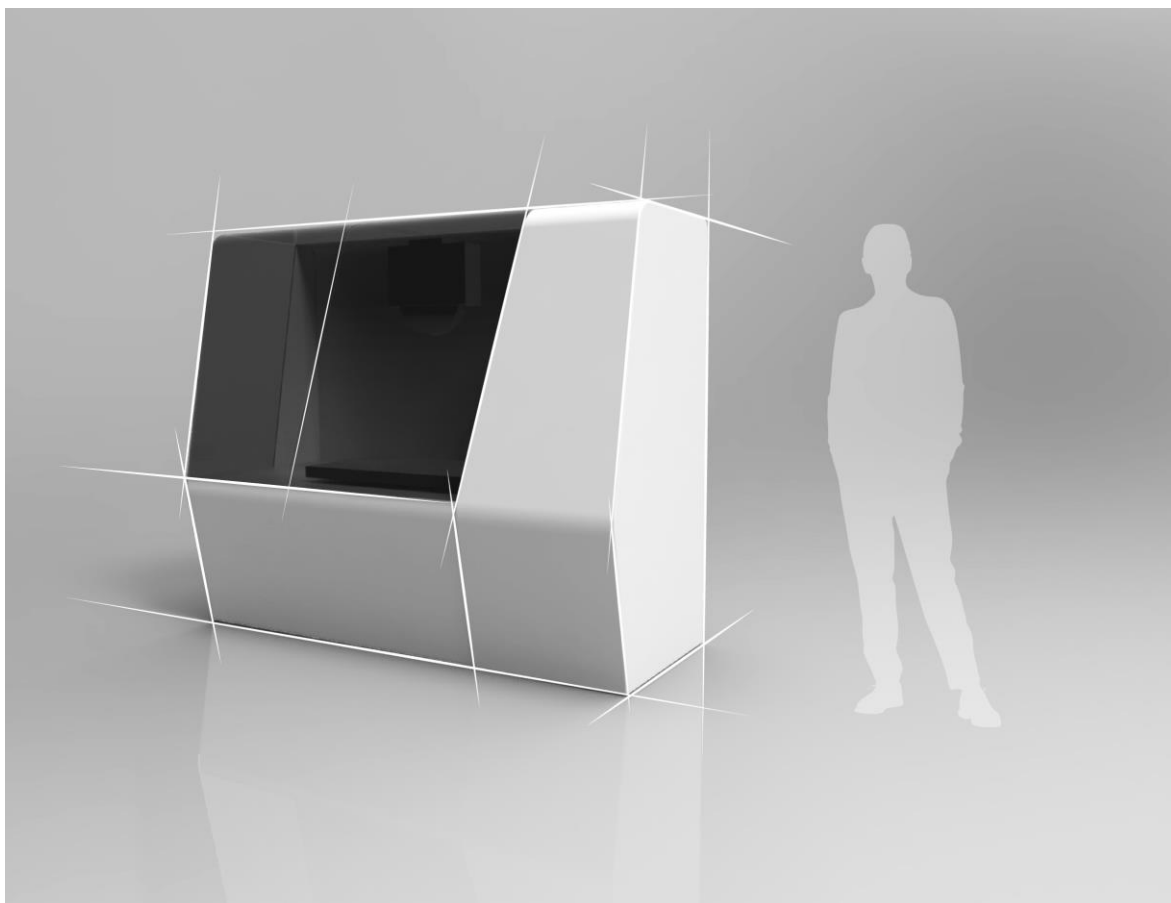
Výhodou tohoto řešení je umístění ovládacích prvků, které se nachází na jednom místě v optimální vzdálenosti dle daných ergonomických požadavků. Stroj lze tedy jednoduše ovládat z jednoho místa s jednoznačným výhledem na pracovní prostor. Díky krytování je také uživatel částečně chráněn proti odletujícím jiskrám a kovovým částicím a zároveň má snadný přístup k obrobku.

4.2 Druhá variantní studie

Druhým navrhovaným řešením je rovinná bruska, která vychází z řešení plně automatických CNC (Computer Numerical Control) brusek. Tyto zařízení jsou charakteristická plným krytím, kdy uživatel má přístup k obrobku přes posuvné dveře a celý brousící proces je řízen pomocí počítače.

Díky krytování je zajištěn kompaktnější vzhled a ochrana uživatele při práci. Předností je také snadný odvod chladicí kapaliny a odletujících částic kovu. Přístup k upínací desce je zajištěn posuvnými dveřmi, které zaručují dostatečný prostor pro vkládání a vyndávání obrobku.

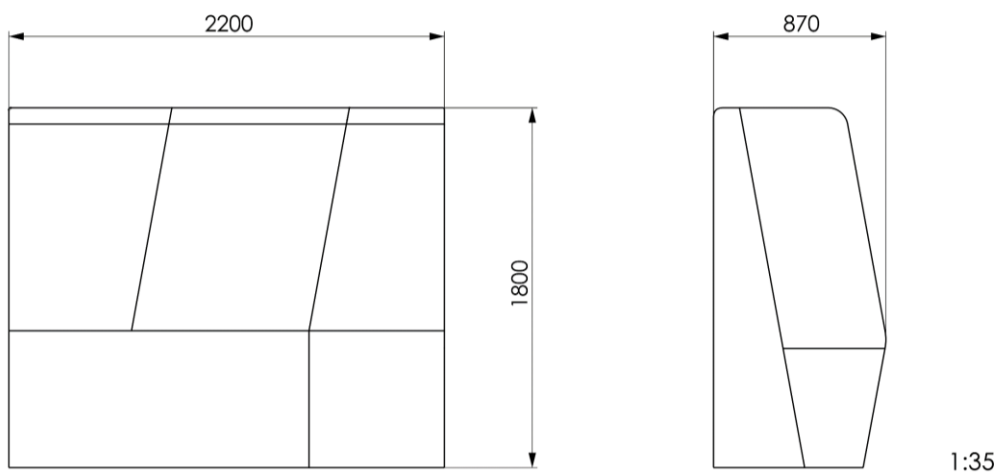
Navrhovaná varianta je tvarově velmi jednoduchá a čistá (obr. 4-4). Přední část tvoří zkosená stěna, která spolu s prosklenou částí dělí zařízení na několik segmentů. Na pravé straně vedle posuvných dveří je ponechán prostor pro ovládací panel, který by zde byl vestavěn v podobě dotykového displeje.



obr. 4-4 Variantní studie II

Výhodou tohoto řešení bezpečnost uživatele, která je zajištěna díky celkovému krytování stroje. Zařízení je taktéž velmi kompaktní a respektuje funkční požadavky (obr. 4-5).

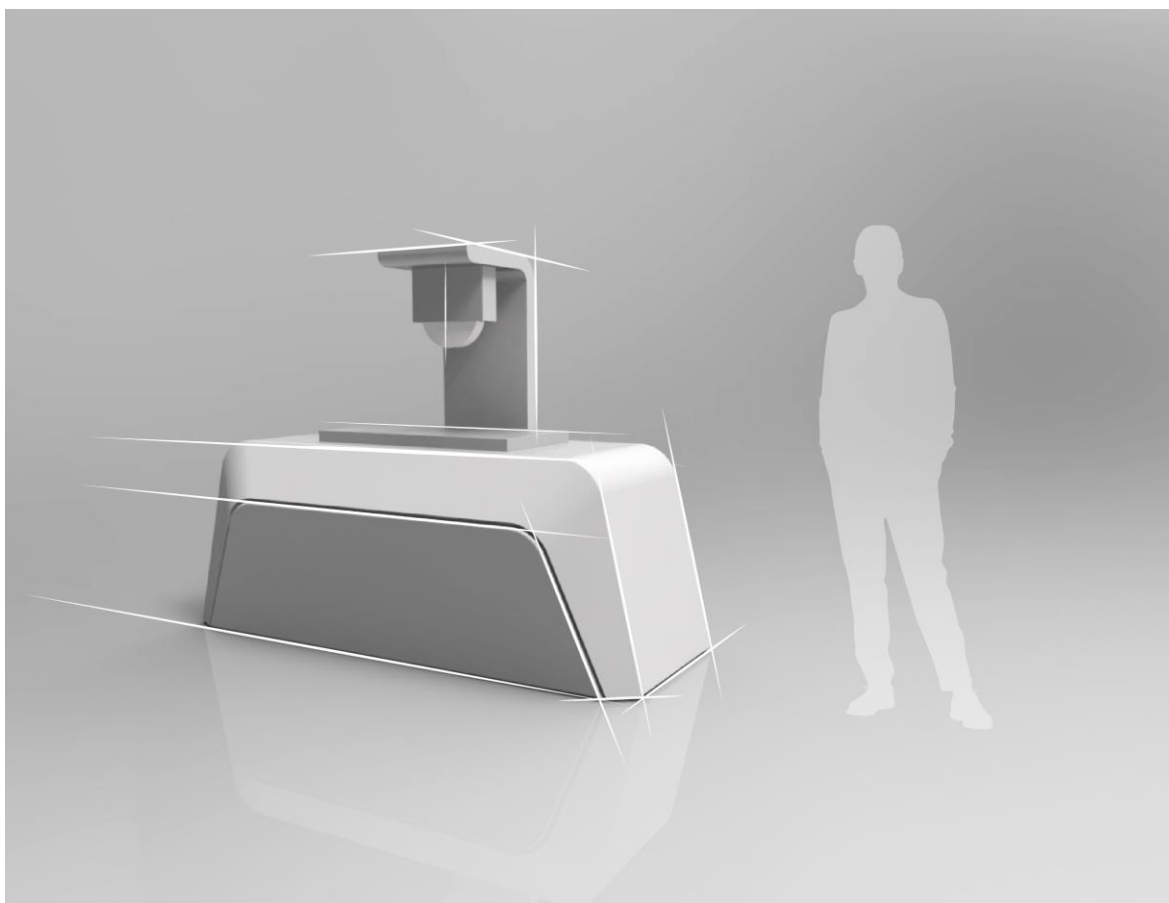
Nevýhodou je závislost zařízení na technologii a celková náročnost stroje na zpracování. Je zde omezen přístup k obrobku a uživatel tak ztrácí možnost manuálního ovládání. Toto řešení je vhodnější do velkých průmyslových zařízení.



obr. 4-5 Rozměry variantní studie II

4.3 Třetí variantní studie

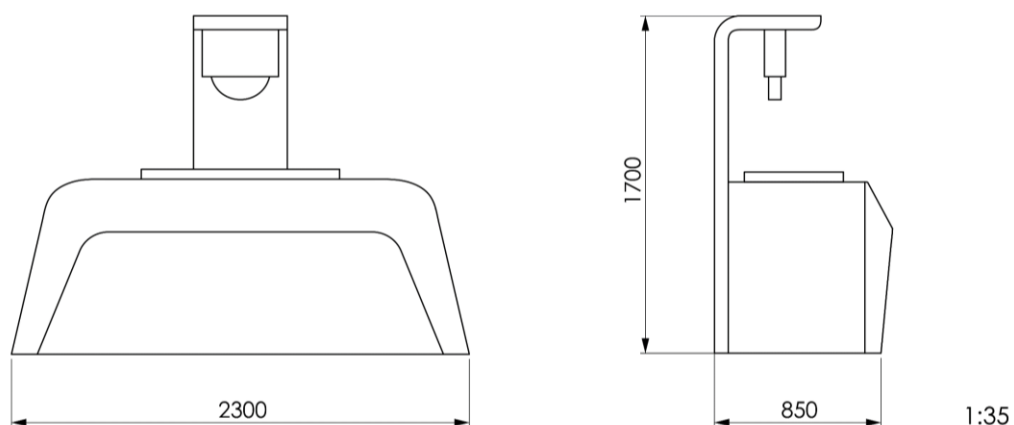
Třetí variantní studie (obr. 4-6) vychází z tradičního řešení rovinných brusek a rozložení jednotlivých prvků kopíruje produkty na současném trhu. Celá konstrukce je založena na jednoduché geometrii. Zařízení je symetrické a všechny funkční prvky jsou připevněny k hlavnímu stolu, který zajišťuje pevnost a stabilitu. Nosný rám je na bocích mírně vybočen.



obr. 4-6 Variantní studie III

Brusný kotouč je uchycen na zadním rámu uprostřed v ose symetrie celého stroje. Toto umístění zajišťuje optimální posuv brusného kotouče vzhledem k upínací desce, čímž se minimalizuje šířka stolu a tím pádem i velikost celého zařízení. V přední části rámu se nachází lišta sloužící k umístění ovládacích prvků.

Vnitřní rozložení komponentů vychází z klasického technického řešení rovinných brusek. Brusný kotouč vykonává pohyb pouze ve směru Z a upínací deska se posouvá v příčném i podélném horizontálním směru. Velikost základny (obr. 4-7) vychází z velikosti posuvné desky a jejích krajních poloh.



obr. 4-7 Rozměry variantní studie III

V této variantě není využito krytování upínací desky, což zajišťuje snadný přístup k obrobku. Posuv v ose Y je zde opatřen brusným kotoučem. Zařízení je díky tomu kompaktnější a vhodnější do menších provozů a dílen.

5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Finální tvarové řešení (obr. 5-1) vychází z třetí variantní studie. Celková forma nejvíce odpovídá charakteru rovinných brusek určených pro malosériovou výrobu a lépe tak vyhovuje menším pracovištím. Tvarové řešení je zpracováno s ohledem na funkční a ergonomické požadavky.

Hlavní předností zvolené varianty je snazší přístup k obrobku, aby byla zachována kompaktnost a snadné ovládání. Zařízení má také ideální poměr velikosti upínací desky vůči rozměru celého zařízení. Tento návrh kombinuje kvality obou tříd (ručních a CNC) rovinných brusek.

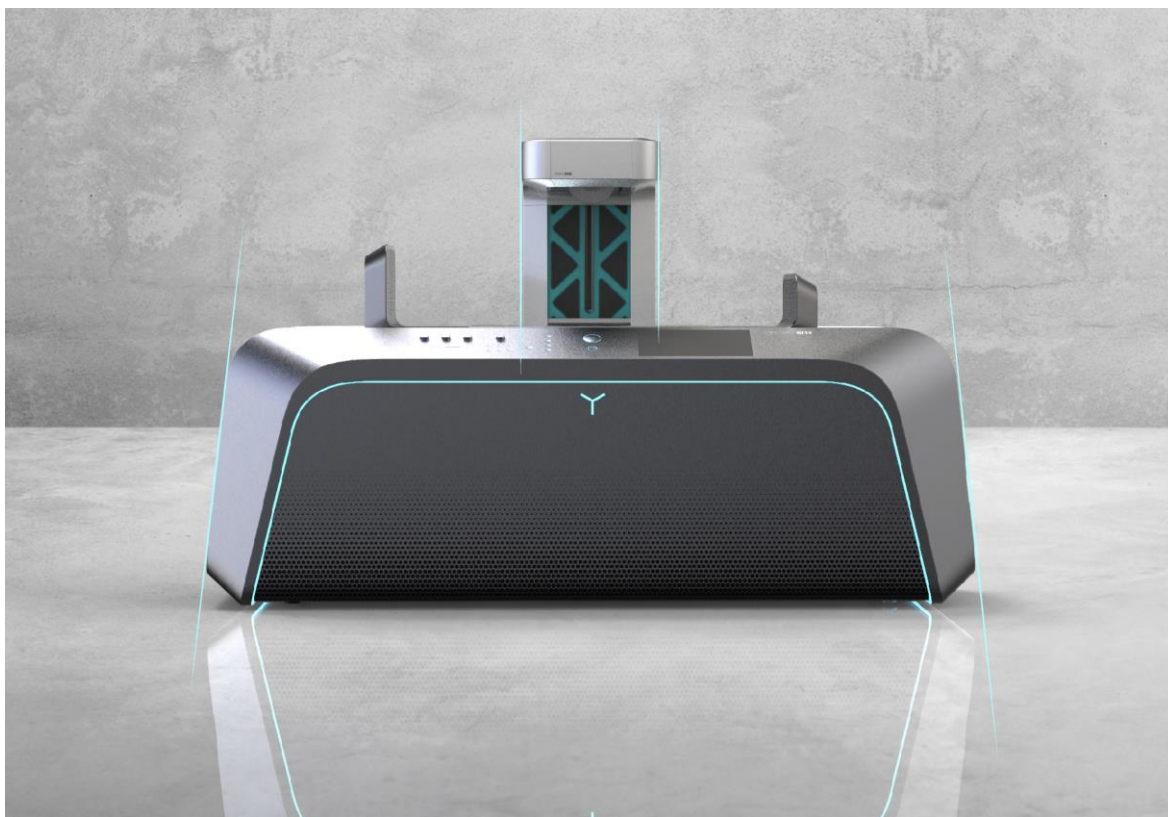


obr. 5-1 Finální tvarové řešení

5.1 Kompoziční řešení

Kompozice navrhovaného zařízení je symetrická a vychází z jednoduchých forem. Skládá se ze dvou hlavních částí – lože a stojanu s posuvným vřeteníkem. Součástí lože je také suport s elektromagnetickou upínací deskou.

Celé zařízení je řešeno velmi minimalisticky (obr. 5-2). Spodní část vychází z rovnoramenného lichoběžníku se zaoblenými horními rohy. Boční strany lože se mírně rozšiřují z důvodu zajištění větší stability a pevnosti celého stroje.



obr. 5-2 Kompoziční řešení

Velikost podstavy je užší a delší než u stávajících produktů. Díky tomu je však možné umístit všechny funkční komponenty dovnitř zařízení a ochránit je před případným znečištěním a tím i nadměrným opotřebením. Toto rozložení součástí také koncentruje většinu hmoty do spodní části. Zařízení má tak nízké těžiště, které zajišťuje větší stabilitu a odolnost stroje vůči vibracím vznikajícím při broušení.

5.1.1 Lože

Častým prvkem návrhu jsou zaoblené a zkosené hrany, které pomáhají k vizuálnímu odlehčení celkového tvaru. Tento styl je aplikován především na loži (obr. 5-3), které je zaobleno jak v horní, tak ve spodní části. Jsou zde eliminovány veškeré ostré hrany, které by mohly být potenciálně nebezpečné z hlediska ergonomie. Zaoblení také přispívá ke sjednocení celé formy a k tvarovému propojení přední a zadní části.



obr. 5-3 Lože

Dominantním prvkem lože je lišta na přední straně, která obepíná celou konstrukci. Zde se nachází ovládací panel složený z dotykového displeje a fyzických ovladačů (obr. 5-4). Celá přední strana je dále lemována stejnobarevným pruhem, pod kterým se nachází modré podsvícení LED páskem. Přední kryt je také doplněn svítícím logem a gradientní perforací, která slouží jako větrací mřížka.



obr. 5-4 Detail přední lišty

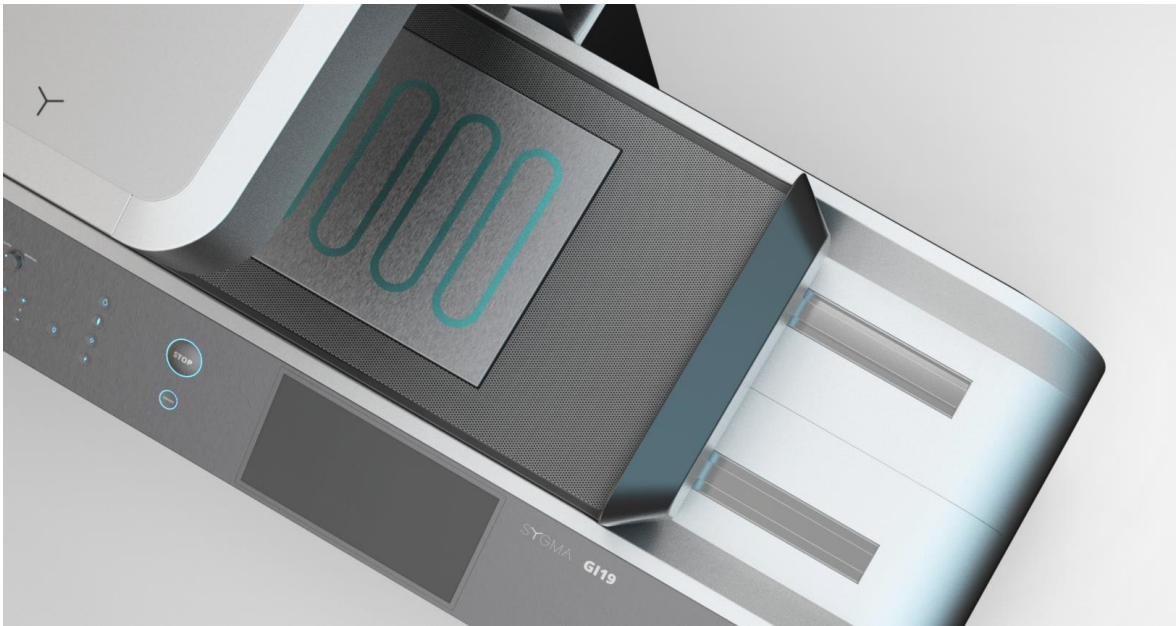
5.1.2 Suport

Na pracovním stole je z horní strany zapuštěn suport, který se pohybuje ve směru osy X po lineárním vedení (obr. 5-5). Deska je na obou stranách vyvýšena, tak aby zachycovala odletující jiskry, prach a chladicí kapalinu. Boční stěny jsou řešeny asymetricky (levá stěna je vyšší), jelikož uvolněné částice při broušení vždy odlétají jedním směrem, a to ve směru pohybu brusného kotouče. Tento ochranný prvek je také důležitý z bezpečnostních důvodů. Při nedostatečné upínací síle vytvořené elektromagnety upínací desky, může také dojít k uvolnění obrobku díky tlaku brusného kotouče. Letící obrobek (vždy ve směru pohybu kotouče) by při absenci ochranných bočních krytů mohl potenciálně způsobit poranění obsluhy stroje.



obr. 5-5 Suport

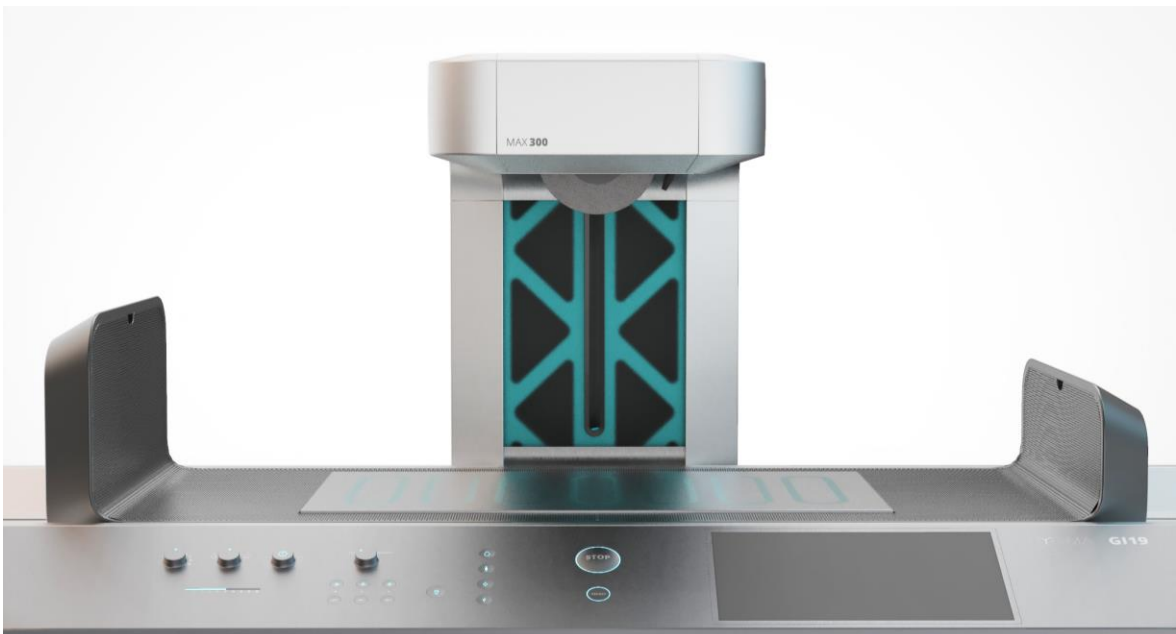
Uprostřed posuvného stolu se nachází elektromagnetická upínací deska (obr. 5-6). Ta je proložena oválnými mosaznými vložkami v modré barvě, které korespondují s vizuálním stylem celého zařízení. Okolí upínací desky je pokryto perforovaným plechem, který zajišťuje odtok chladicí kapaliny do zásobníku pod pracovním stolem.



obr. 5-6 Suport s upínací deskou

5.1.3 Stojan

Sloup rovinné brusky (obr. 5-7) se skládá ze dvou částí – ze stojanu a vřeteníku (viz kap. 6.2.4). Nepohyblivá část je tvořena barevně zvýrazněnou příhradovou konstrukcí, která je ukryta pod plexisklem. Po stojanu se pohybuje v ose Z pomocí lineárního vedení vřeteník, který nese brusný kotouč.



obr. 5-7 Sloup

Celý sloup je tvarově řešen velmi čistě. Vřeteník je tvořen zahnutým pásem (obr. 5-8), který je ze spodní strany mírně zkosen. Zde se také nachází LED páska, která slouží k osvětlení pracovní plochy. V přední části pásu je umístěno označení pro maximální průměr brusného kotouče (MAX300), který lze u tohoto typu brusky použít.

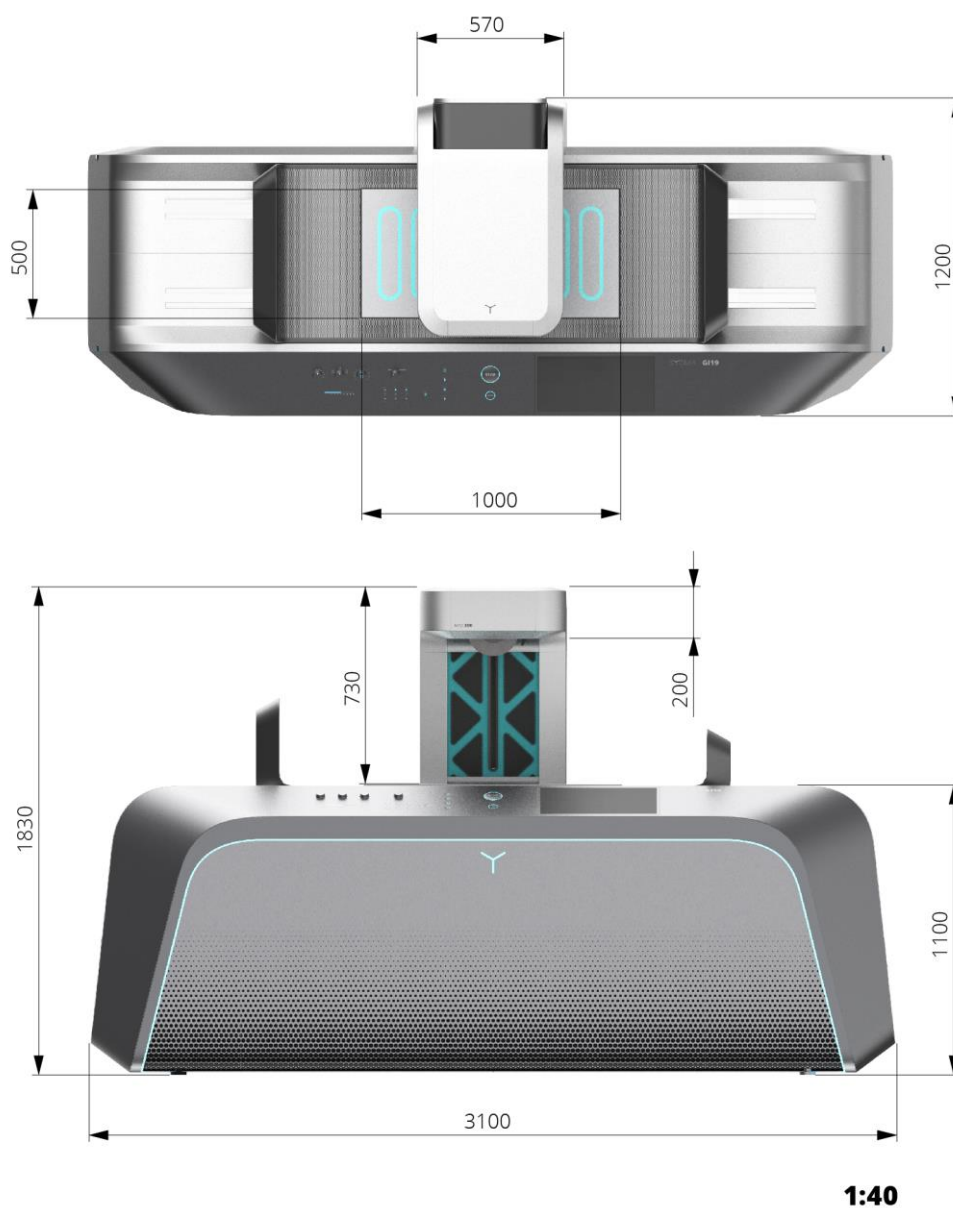


obr. 5-8 Vřeteník

6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

6.1 Rozměrové řešení

Rozměry rovinné brusky (obr. 6-1) jsou navrženy tak, aby lože zajišťovalo dostatečnou stabilitu a rám obsáhl i krajní dojezdové polohy upínací desky. Suport při pojezdu nepřekračuje hranice zařízení jako je tomu u nynějších produktů. To přispívá k bezpečnosti uživatele a stabilnějšímu vedení. Výška pracovního stolu je zvolena v závislosti na ergonomických požadavcích při obsluze stroje.

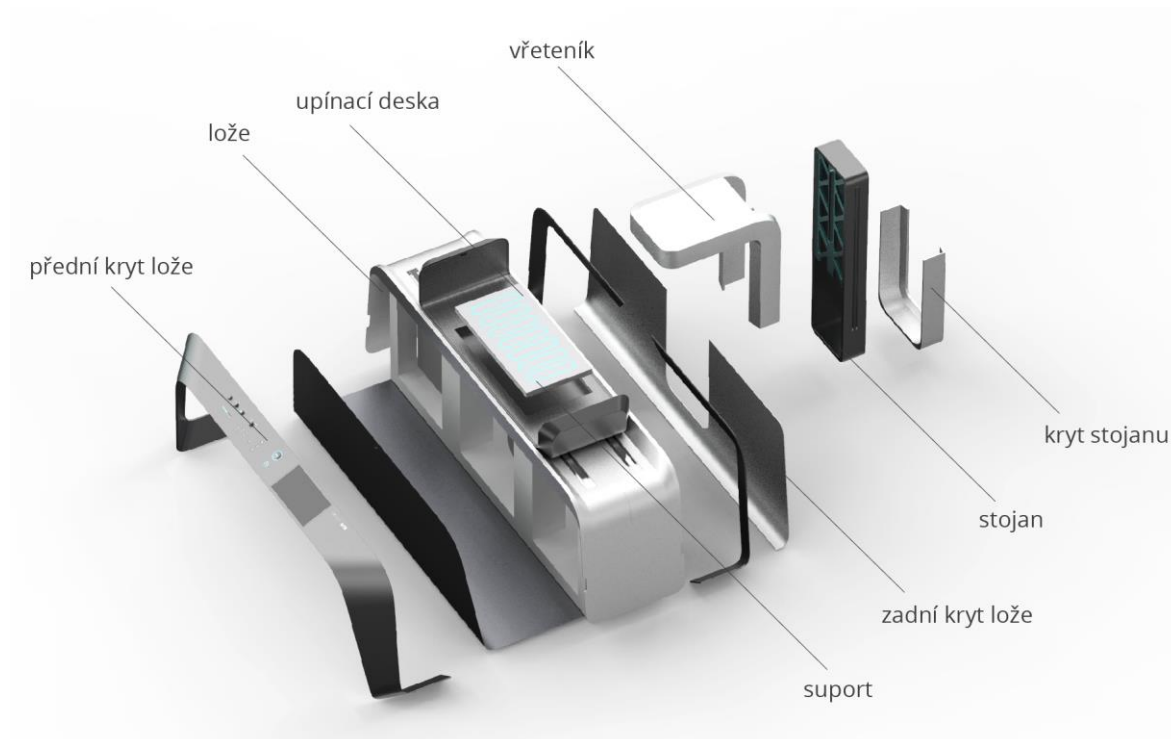


obr. 6-1 Rozměry

6.2 Technické řešení

Navrhované řešení vychází z konstrukčního zpracování stávajících produktů, avšak všechny funkční komponenty jsou krytovány z důvodu ochrany jednotlivých součástí proti odletujícím jiskrám a částčkám kovu.

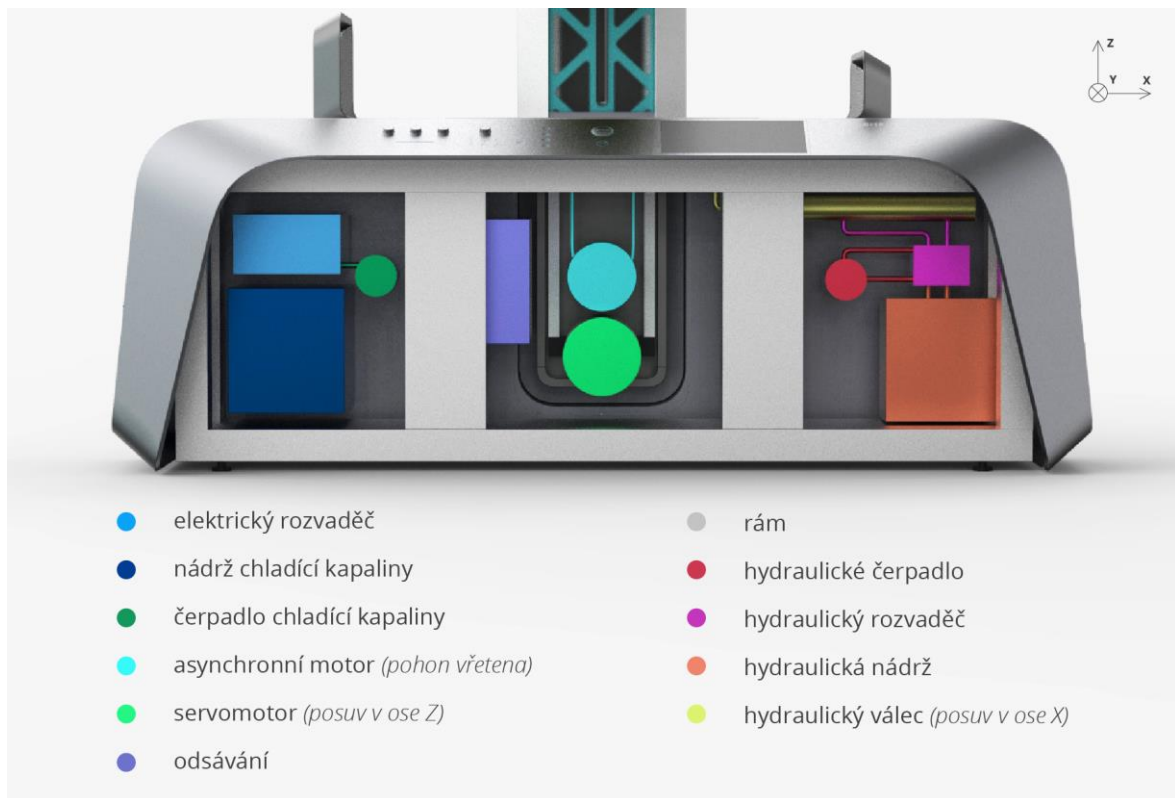
Hlavními prvky zařízení (obr. 6-2) je lože spolu se stojanem a vřeteníkem. Na loži se nachází zapuštěný suport s upínací deskou. Zařízení je z přední i zadní části krytováno ocelovým plechem.



obr. 6-2 Vnější části stroje

6.2.1 Vnitřní uspořádání lože

Hlavními komponenty obsaženými ve statické části zařízení (obr. 6-3) jsou prvky pohonů. Ve střední části se nacházejí motory, které zajišťují hlavní brusný pohyb (pohon vřetene) a vertikální posuv (směr v ose Z dle zobrazeného souřadného systému). Napravo je hydraulická jednotka zajišťující vratný pohyb přísuvu obrobku (ve směru osy X). V levé části se nachází elektrický rozvaděč pro řízení stroje a systém chlazení.



obr. 6-3 Vnitřní uspořádání lože

6.2.2 Vnitřní uspořádání vřeteníku

Hlavní funkcí vřeteníku je přesné uložení brusného kotouče (obr. 6-4). K tomu slouží ložiskový domek vřetena. Ten je spolu se samotným kotoučem umístěn na vozíku lineárního vedení, který se pohybuje po vedení pomocí trapézového šroubu hnaného servomotorem. Točivý moment je na brusný kotouče přiveden přes zasouvací hřídel, která je poháněna řemenovým převodem. Ke kotouči je také přivedena tryska s chladicí kapalinou. Vřeteník se pohybuje po stojanu, který je vyztužen příhradovou konstrukcí. Uvnitř stojanu se nachází řemenový převod.



obr. 6-4 Vnitřní uspořádání vřeteníku

6.2.3 Ovládací panel

Ovládací panel na přední liště je tvořen fyzickými tlačítky a dotykovou obrazovkou (obr. 6-5). Tlačítka jsou rozdělena do čtyřech segmentů dle ovládané části stroje. Na levé straně se nachází tři otočné přepínače sloužící k nastavení upínací desky. Zde lze nastavit zmagnetizování a odmagnetizování upínací desky a dále potom síla magnetizace. Pod přepínači se nachází ukazatel síly upnutí.

Ve druhém segmentu jsou umístěna zapuštěná tlačítka sloužící k elektrickému posuvu pohyblivých částí v osách X, Y, Z. Tyto posuvy lze řídit manuálně nebo automaticky, dle nastavení otočného přepínače nad tlačítky. Vedle se poté nachází spínače, které řídí osvětlení pracovní plochy, přívod chladící kapaliny, brusný kotouč a hydraulický posuv. V posledním segmentu přímo uprostřed zařízení se nachází tlačítko STOP a vypnutí a zapnutí stroje.

Pokud jsou tlačítka aktivní, uprostřed se rozsvítí piktogram daného ovládaného prvku. Hlavní tlačítka uprostřed jsou navíc podsvícena, aby se zdůraznila jejich důležitost. STOP tlačítko má také největší velikost a je jako jediné vypouklé, tak aby vybízelo k intuitivnímu zmáčknutí v případě nouzového zastavení stroje.

Detailnější nastavení brusky a samotného chodu probíhá skrz dotykovou obrazovku, která je umístěna na pravé straně lišty. Volba fyzických ovladačů spolu s displejem vychází z tradičního řešení ovládacího panelu u současných zařízení.



obr. 6-5 Ovládací panel

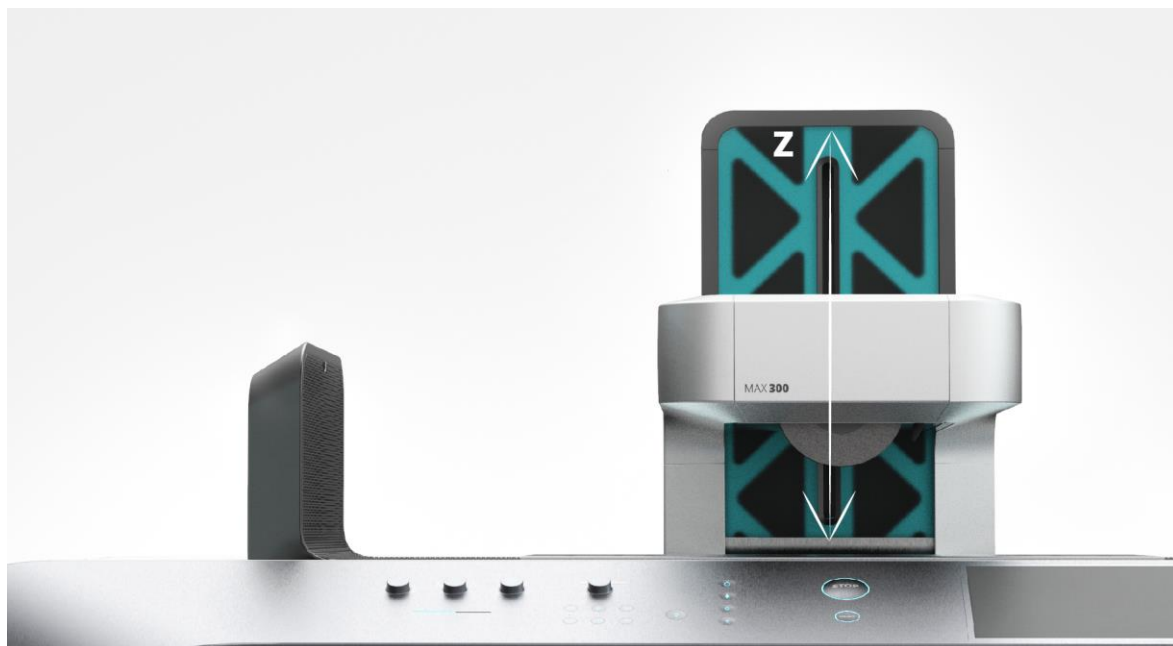
6.2.4 Posuvy v osách

Nejdůležitějším faktorem pro zajištění správné funkce rovinné brusky je pohyb jednotlivých komponent v osách X, Y, Z. Posuv v ose X (obr. 6-6) je zajištěn pohybem panelu s elektromagnetickou upínací deskou po lineárním vedení, které je připevněno na pracovním stole. Tento pohyb je zprostředkován hydraulickou soustavou.



obr. 6-6 Posuv v ose X

Pohyb ve směru Y a Z je zajištěn posuvným vřeteníkem s brusným kotoučem. Ten se pohybuje vertikálně po lineárním vedení, které se nachází na bočních stranách sloupu. Posuv v ose Z (obr. 6-7) je zajištěn servomotorem umístěným pod pracovním stolem.



obr. 6-7 Posuv v ose Z

Brusný kotouč se pohybuje ve směru osy Y (obr. 6-8) společně s ložiskovým domkem pomocí servomotoru, který je umístěn v horní části vřeteníku. Kotouč je uchycen v ochranném pouzdře připevněném na vozíku lineárního vedení. Ve spodní části se nachází roleta, která zamezuje vniknutí nečistot do vřeteníku.



obr. 6-8 Posuv v ose Y

6.2.5 Materiál

Nejdůležitějším prvkem konstrukce zařízení je rám. Ten zajišťuje tuhost a stabilitu celého stroje. Rám lože a stojanu je odlit z šedé litiny, která je nejčastějším užitým materiálem pro tyto účely a vyznačuje se vysokou odolností vůči tlaku, teplotě a má nízkou pružnost. Celé zařízení je dále krytováno ocelovým plechem S235JR. Plechové díly jsou tvářeny do požadované formy, svařeny a poté broušeny a opatřeny finální povrchovou úpravou ve formě matného laku ve třech barevných odstínech (viz kap. 7-1).

Dalším použitým materiálem je pískované plexisklo, které slouží k přednímu krytování stojanu. Tento materiál má vysokou tvrdost a pevnost, je odolný vůči poškrábání a má velmi dobré optické vlastnosti. Plexisklo také umožňuje částečný vhled do prostoru uvnitř zařízení, kde se nachází svařená příhradová konstrukce z vysokopevnostní oceli opatřena protikoročním nátěrem zvolené barvy.

6.3 Ergonomické řešení

Rovinná bruska je navržena s ohledem na ergonomické požadavky a zásady při práci ve stoje. Při návrhu byl kladen důraz především na výšku pracovního stolu, ovládací panel, přístup k vnitřním částem stroje a bezpečnost uživatele při obsluze zařízení.



obr. 6-9 Ergonomické řešení

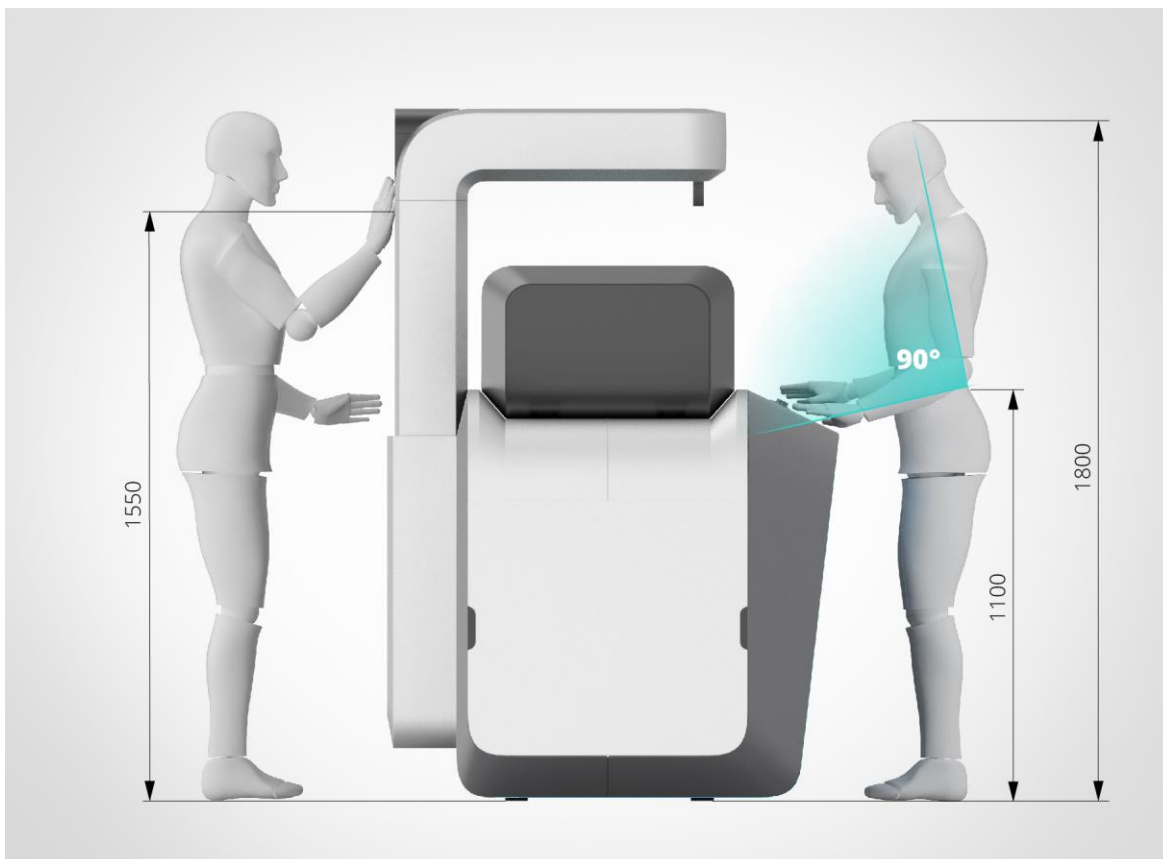
6.3.1 Obsluha stroje

Hlavní bod pro obsluhu stroje se nachází v přední části před ovládacím panelem. Přední strana stroje je proto mírně zešikmena pod úhlem 5° (obr. 6-10), aby uživatel mohl ke stroji snadno přistoupit. V tomto místě má obsluha výhled jak na upínací desku s obrobkem, tak na ovládací prvky zařízení. Zorný úhel ovládacího panelu je v tomto místě 25° .



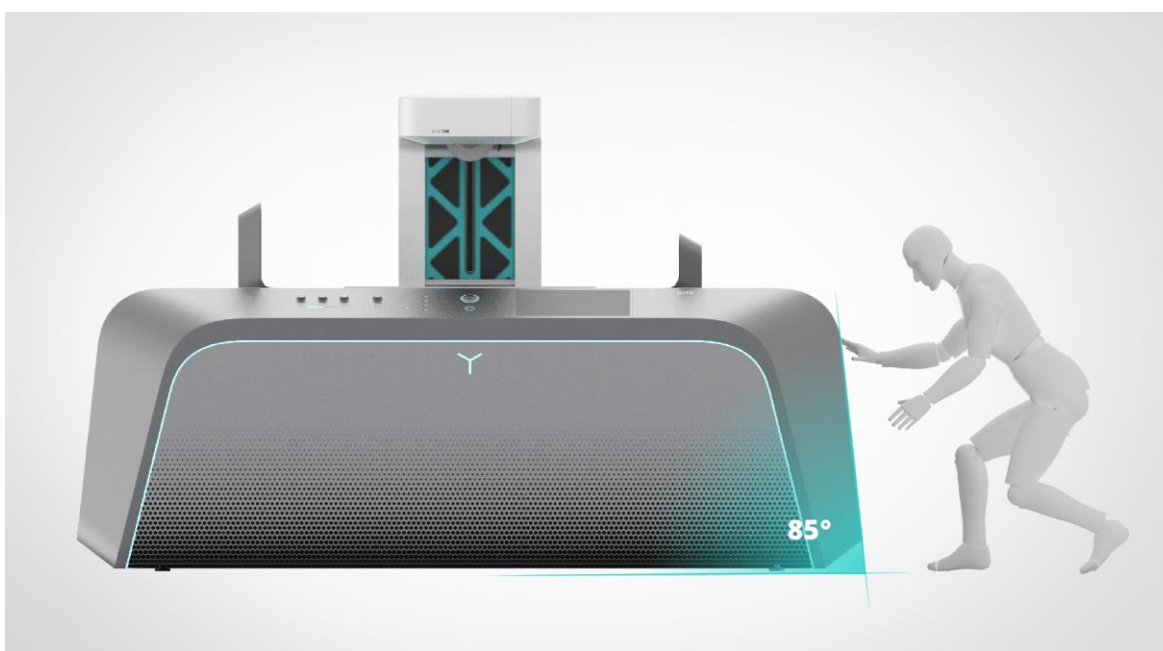
obr. 6-10 Přístup k zařízení zepředu

Stůl s ovládacím panelem se nachází ve výšce 1100 mm což odpovídá výšce pracovního prostoru ve stoje. Při práci by měla paže s předloktím svírat přibližně úhel 90° , čemuž odpovídá navržená velikost stolu (obr. 6-11). K zařízení lze také přistoupit ze zadní strany. V případě výměny řemene či jiné manipulace s pohonem brusného kotouče, lze tyto změny provádět po otevření dvířek na zadní straně stojanu.



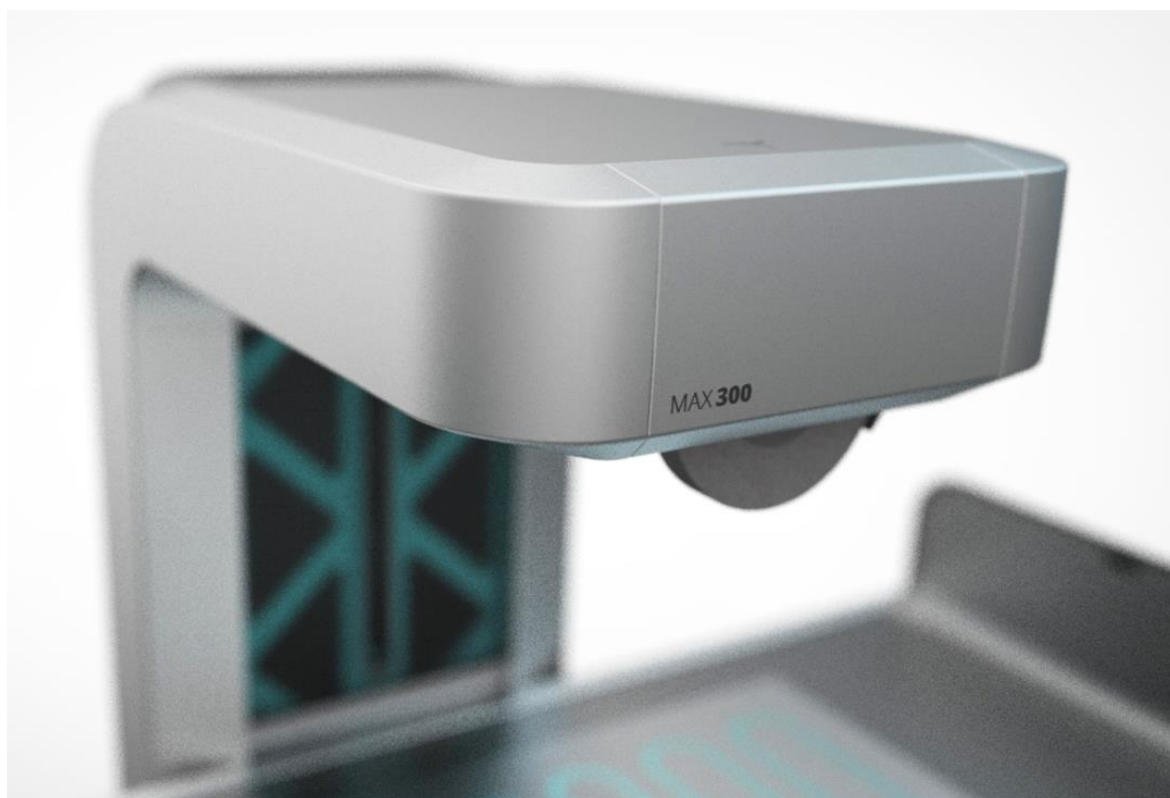
obr. 6-11 Ergonomie obsluhy stroje

Při nutnosti výměny chladicí kapaliny nebo hydraulického oleje je možné odklopit boční krytování stroje. (obr. 6-12). Zařízení je po bocích mírně zkoseno. Spodní hrana s boční v tomto případě svírají úhel 85° .



obr. 6-12 Přístup k zařízení z boku

Výměna brusného kotouče probíhá ve přední části sloupu (obr. 6-13). Zde se nachází výklopná dvířka. Po otevření lze jednoduše vyměnit brusný kotouč či nastavit trysky chladicí kapaliny. Rozsah velikostí kotouče pro toto zařízení je od 180 mm do 300 mm.

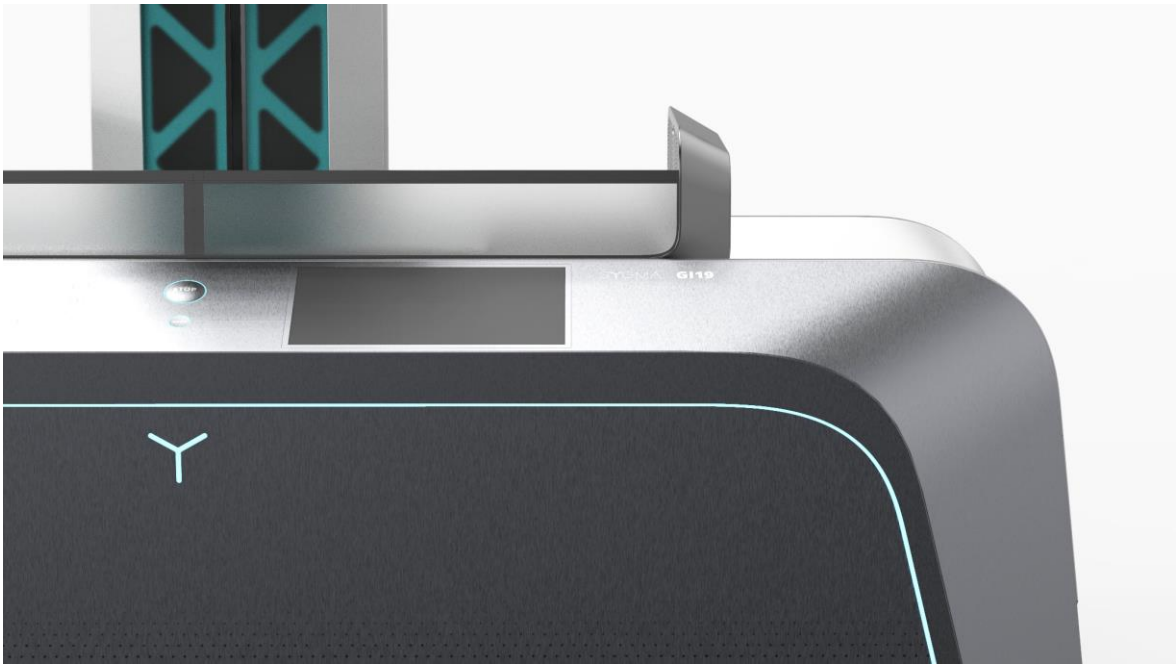


obr. 6-13 Výměna brusného kotouče

6.3.2 Bezpečnost

Zařízení je navrženo tak, aby byly dodrženy veškeré požadavky na bezpečné užití stroje. Všechny funkční komponenty jsou krytovány a obsluha stroje vždy stojí v dostatečné vzdálenosti od pohyblivých součástí. Odletující jiskry, částičky kovu a chladicí kapalina jsou zajištěny vyvýšenými bočními kryty a zachyceny do zásobníku pod pracovním stolem. Tyto chrániče také slouží k zachycení uvolněného obrobku z upínací desky v případě nastavení malé upínací síly.

Při užití většího množství chladicí kapaliny (broušení tvrdých kovů) lze na boční stěny suportu připevnit ochranné plexisklo (obr. 6-14). To slouží k zachycení kapaliny odletující i do stran od brusného kotouče. Toto krytování lze využít především ke zvýšení komfortu uživatele a ke snížení znečištění okolních částí stroje.



obr. 6-14 Použití ochranného plexiskla

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7.1 Barevné řešení

Zařízení je navrženo ve třech hlavních barvách a jedné doplňkové. Hlavní viditelné komponenty jsou v odstínech metalické šedé s matnou povrchovou úpravou. Převedeno na barevnou paletu Pantone, použitými barvami jsou 419 C, 877 C a 427 C. Jako doplňková barva k šedé je zvolena modrozelená Pantone 325 C, která se objevuje na příhradové konstrukci, mosazných vložkách upínací desky a jako podsvícení tlačítek, loga a přední lišty.

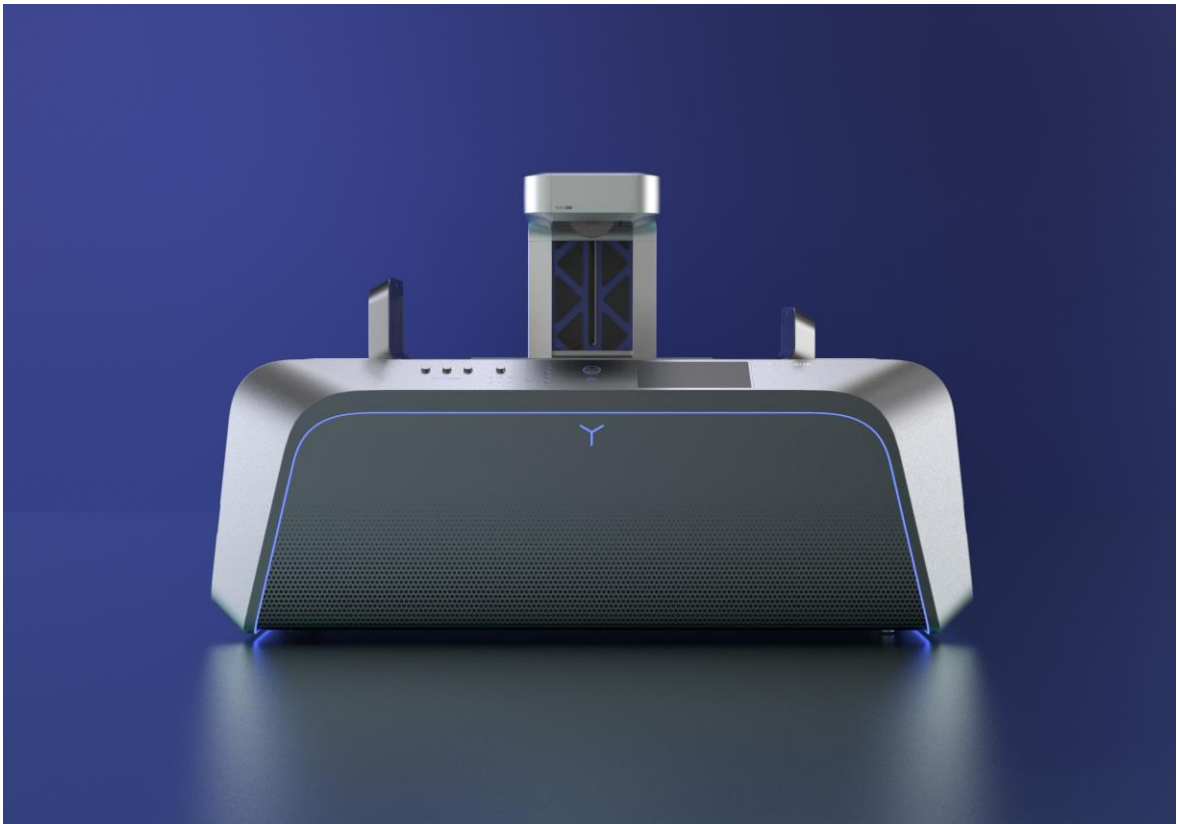


obr. 7-1 Barevná paleta

Metalické barvy jsou navrženy v jedné neměnné variantě, čímž je vytvořen jednotný vizuální styl zařízení. Jediná barva, kterou lze přizpůsobit (i dle preferencí zákazníka) je barva použita na podsvícení, konstrukci a mosazných vložkách (obr. 7-2). Další navrženou variací této doplňkové barvy je tmavě modrá Pantone 661 C (obr. 7-3).



obr. 7-2 Barevná varianta I



obr. 7-3 Barevná varianta II

7.2 Grafické řešení

Pro navržené řešení byl zhotoven logotyp, informační piktogramy a dotyková obrazovka. Grafický návrh využívá základní barevnou paletu, která byla zvolena jako barevná struktura celého zařízení. Barevnost následujících prvků by se lišila na základě zvolené doplňkové barvy.

7.2.1 Logotyp

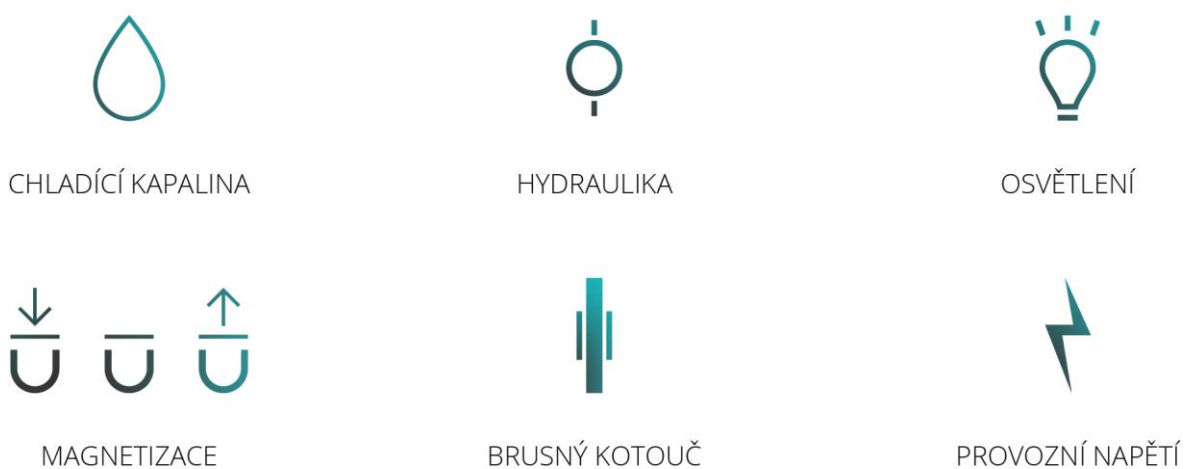
Zařízení nese název SYGMA (obr. 7-4), který vznikl spojením začátečních písmen anglického označení pro rovinné broušení – Surface Grinding a počáteční slabiky anglického slova stroj – Machine. Název je spojen s logem, které zastupuje písmeno ypsilon. Logo je odvozeno ze značení os souřadného systému. Tato analogie vychází z hlavního funkčního parametru rovinných brusek, a to je pohyb v osách X, Y, Z. Logo je tvořeno gradientem modré barvy Pantone 325 C a šedé barvy Pantone 419 C. Název je napsán verzálkami bezpatkového písma Adam v tenkém řezu.



obr. 7-4 Logotyp

7.2.2 Piktogramy

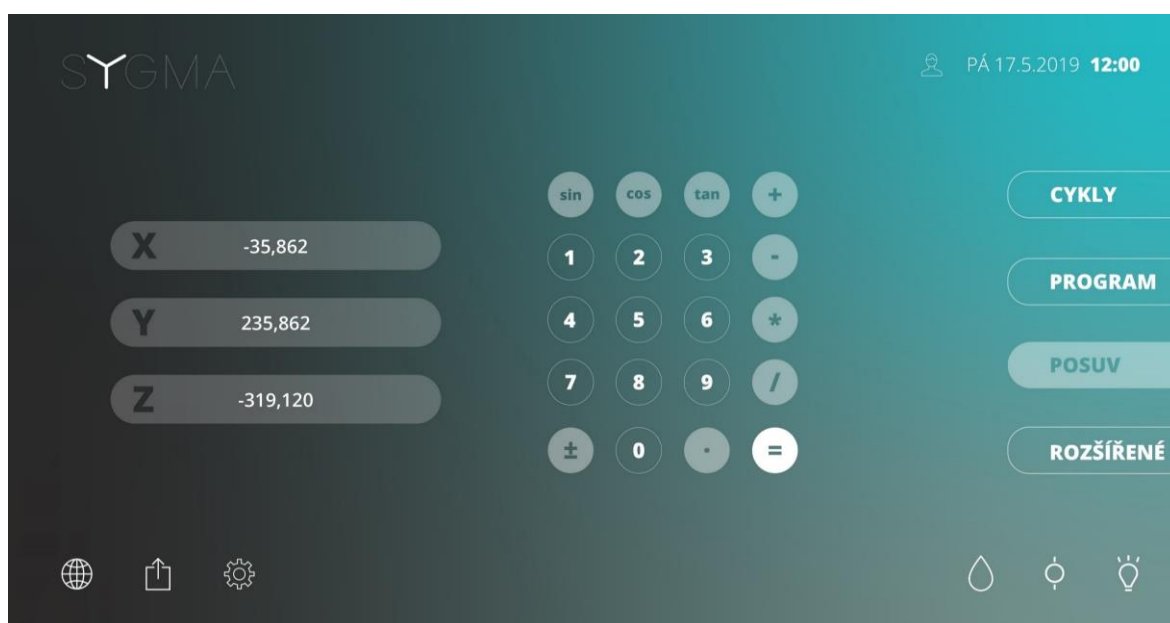
Pro snadnou orientaci na ovládacím panelu jsou tlačítka doplněna o jednoduché piktogramy (obr. 7-5). Navržené ikony vycházejí z piktogramů, které využívají stávající zařízení.



obr. 7-5 Piktogramy

7.2.3 Displej

Pro zařízení byl navržen displej (obr. 7-6), který koresponduje s celkovým vizuálním stylem produktu. Barva obrazovky se skládá z šedo-modrého gradientu, který lze měnit na základě použité doplňkové barvy podsvícení. Displej je umístěn na hlavní ovládací liště vedle fyzických tlačítek (obr. 7-7).



obr. 7-6 Grafický návrh displeje



obr. 7-7 Displej a použité logo

8 DISKUZE

Cílem této práce bylo navrhnout koncepční design rovinné brusky (obr. 8-1) s danými parametry určených v zadání. Navržené zařízení splňuje všechny stanovené cíle a body zadání. Velikost upínací desky je 500 x 1000 mm a vzdálenost vřetena a stolu 600 mm. Bruska se skládá ze dvou hlavních částí – lože a stojanu a všechny vnitřní komponenty jsou krytovány. U stávajících produktů tato vlastnost chybí a součásti tak podléhají rychlejšímu opotřebení.



obr. 8-1 Navržené řešení rovinné brusky

8.1 Psychologická funkce

Rovinná bruska patří mezi obráběcí stroje pracující s velkou přesností. Zařízení proto musí být precizně zpracováno z hlediska konstrukčního řešení a použitých materiálů. Tomuto faktu také odpovídá i designérské řešení. Zařízení je tvarově velmi čisté, jsou zde eliminovány veškeré nepotřebné složky a bruska je charakterizována pouze účelovými prvky a součástmi. Celková forma je dále podpořena odolnými materiály. Díky těmto skutečnostem navržený produkt působí profesionálně a vzbuzuje tak důvěru uživatele při obsluze zařízení. Rovinná bruska také disponuje jednoduchým a intuitivním ovládním, což zaručuje komfort obsluhy. Jednoduchost použití také snižuje míru stresových faktorů, které mohou při práci vniknout díky komplexnosti a náročnosti obsluhy některých zařízení.

8.2 Sociální funkce

Rovinné brusky jsou běžně užívaným zařízením a lze je uplatnit jak v malých soukromých dílnách, tak ve velkých profesionálních provozech. Přestože je tento obráběcí stroj hojně využíván, od svého vzniku nezaznamenal progresivnější změny ve vývoji především ve vztahu k člověku. Současné brusky jsou velmi strohé, odosobněné a design podléhá čistě konstrukčnímu řešení. Nedbá na komfort uživatele, který toto zařízení využívá aktivně. Navržené řešení oproti stávajícím produktům klade důraz na pohodlí obsluhy při práci, bezpečnost a vizuální působení celého stroje. Nabízí nový přístup k řešení obráběcích strojů, zvyšuje standart těchto produktů a může být inspirací i pro konkurenční výrobce.

8.3 Ekonomická funkce

Rovinná bruska je navržena pro malosériovou, zakázkovou výrobu. Lze ji také uzpůsobit pro potřeby jednotlivce. Díky těmto přednostem náklady na výrobu, a tedy i pořizovací náklady značně převýší cenu stávajících produktů. Avšak konkurenceschopnost výrobku může naopak vzrůst díky jeho odlišnosti z designérského a technologického hlediska.

8.4 Marketingová analýza

Základem pro zpracování marketingového rozboru produktu jsou cílová skupina a cenová hladina. Z těchto aspektů lze definovat hlavní marketingovou strategii.

8.4.1 Cílová skupina

Cílovou skupinou tohoto zařízení jsou komerční i soukromé výrobní provozy, prototypové laboratoře, výzkumná centra a specializovaná pracoviště. Produkt je určen především pro uživatele zaměřující se na inovaci a vývoj. V tomto tržním segmentu se nachází prostor pro investice do moderních a progresivních obráběcích zařízení a technologií.

8.4.2 Cenová hladina

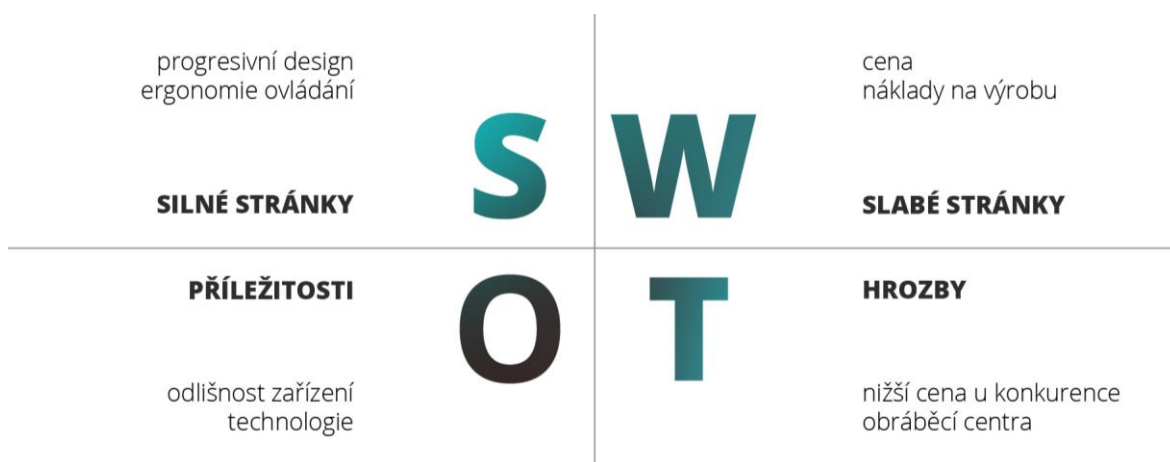
Výrobek je určen pro zakázkovou malosériovou výrobu a roční produkce by se pohybovala v řádech jednotek až desítek kusů. Cenová hladina standartních ručně ovládaných rovinných brusek se na současném trhu pohybuje v rozmezí 100 000 Kč až 1 000 000 Kč. Cena navrženého zařízení by tento rozsah značně převyšovala. Je to především z důvodu vyšších nákladů zakázkové produkce a možnosti uzpůsobení zařízení dle potřeb zákazníka.

8.4.3 Marketingová strategie

Důležitým faktorem z hlediska marketingu je propagace produktu a jeho pozice na trhu. Dle předpokladu zakázkové produkce výrobku by zařízení bylo prezentováno především na technologických a strojírenských veletrzích. Dalším možným propagačním médiem jsou poté odborné technologické časopisy v tištěné i webové podobě. Velkou výhodou zařízení je inovativní design a jednoduché ovládání. Tyto faktory výrazně zvyšují konkurenceschopnost výrobku na trhu a jeho následné uplatnění.

8.4.4 SWOT analýza

Z vypracované analýzy SWOT (Strengths, Weakness, Opportunities, Threats) (obr. 8-2) vyplývají pozitivní i negativní aspekty tohoto produktu.



obr. 8-2 SWOT analýza

9 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá designem brusky na plocho. Na začátku práce je zhotovena rešerše, která obsahuje přehled současných rovinných brusek a popisuje jejich charakteristiky. Následně je vypracována technická analýza, která zahrnuje základní parametry tohoto zařízení a charakterizuje jednotlivé funkční části. Poté následuje analýza problému, ze které vyplynuly hlavní nedostatky tohoto zařízení a byly stanoveny cíle práce. Dle vymezených cílů byly vypracovány tři variantní studie designu, ze kterých byl vybrán jeden návrh, který nejvíce vyhovoval stanoveným požadavkům. Po několika iteracích vzniklo finální řešení rovinné brusky po designérské, technické a ergonomické stránce.

Hlavní část diplomové práce obsahuje koncepční návrh brusky na plocho. Je zde popsáno tvarové a kompoziční řešení po kterém následuje charakteristika technických a ergonomických parametrů. V této části se objevuje schematické zobrazení vnitřních komponent, popis stroje ve vztahu k člověku, použité materiály a detailní zobrazení jednotlivých částí stroje. Závěrečná část poté zahrnuje barevné zpracování produktu a grafické řešení do kterého patří návrh loga, užitých piktogramů a rozhraní dotykového displeje. Poslední kapitola poté představuje rozbor sekundárních funkcí navrženého zařízení.

Diplomová práce splňuje jednotlivé body zadání a naplňuje všechny stanovené cíle. Rovinná bruska kombinuje přednosti CNC a ručních strojů a vytváří tak originální a progresivní řešení, které se na současném trhu nenachází. Je charakteristická jednoduchým tvarováním, které je doplněno dominantní lištou s ovládacím panelem. Vize profesionálního obráběcího zařízení je také zdůrazněna použitými materiály a zvolenou barevností.

Návrh přináší nový pohled na řešení obráběcích strojů z estetického, ergonomického i funkčního hlediska, díky progresivnímu tvarování, použitými materiály a zvolené barevnosti.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3*. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-718-3207-3.
- [2] Grinding Machine. In: *The info list* [online]. c2014-2015 [cit. 2018-12-23]. Dostupné z: <http://www.theinfolist.com/php/HTMLGet.php?FindGo=Grinding%20Machine>
- [3] Brown & Sharpe Mfg. Co. *Vintage Machinery* [online]. Providence, c2001-2018 [cit. 2018-10-16]. Dostupné z: <http://vintagemachinery.org/mfgindex/detail.aspx?id=2185>
- [4] Brown & Sharpe No.2 Surface Grinder. *Lathes + Machine Tool Archive* [online]. Buxton: Tony Griffiths, 2018 [cit. 2018-10-16]. Dostupné z: <http://www.lathes.co.uk/brown&sharpeno2grinder>
- [5] KOLÁŘ, Petr. Konstrukční řešení současných obráběcích strojů. *MM Průmyslové spektrum*. 2007, **2007**(3).
- [6] KNUTH HFS 3063. *PILART s.r.o.* [online]. Blansko, 2013 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <http://www.pilart.cz/produkt/KNUTH-HFS-3063-391/>
- [7] Warco průmyslová hydraulická bruska. *Prima dílna* [online]. 2018 [cit. 2018-10-18]. Dostupné z: <https://www.primadilna.cz/Warco-prumyslova-hydraulicka-bruska-na-plocho-885-kg-d4452.htm>
- [8] Bruska na plocho FSM 2045. *Nářadí PRO* [online]. b.r. [cit. 2018-10-16]. Dostupné z: <http://www.naradi-pro.cz/bruska-na-plocho-fsm-2045>
- [9] Návod k obsluze. In: *První Hanácká BOW* [online]. c2005-2018 [cit. 2018-12-23]. Dostupné z: https://www.bow.cz/pagedata/sortiment/soubory_ke_stazeni//BA_FSM-Serie_CZ_1.04.pdf
- [10] Rovinné brusky. *M-MOOS - Výroba, opravy a modernizace obráběcích strojů* [online]. Lipník nad Bečvou, b.r. [cit. 2018-10-17]. Dostupné z: <https://www.m-moos.cz/assets/rovinne-brusky-m-moos.pdf>
- [11] CNC rovinné brusky - Taima s.r.o. *Taima s.r.o* [online]. 2014 [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <http://www.taima.cz/rovinne-brusky/cnc-brusky/>

- [12] Rovinná bruska ACC-42SA iQ. *Misan* [online]. c2002-2019 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/okamoto/katalog-detail/acc-42sa-iq-rovinna-bruska-acc-42sa-iq-s-krizovym-stolem-a-iq-ridicim-systemem/?viewpart=1>
- [13] *Ergonomie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-3313-2.
- [14] *ELUC* [online]. b.r. [cit. 2018-11-18]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1241>
- [15] Broušení. In: *Střední průmyslová škola Ostrava* [online]. b.r. [cit. 2018-12-23]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/texty/texty/STT/STT2-12_Brouseni_RAJ.pdf
- [16] Elektro-Magnetspannplatte Typ EMU. In: *Braillon Magnetics* [online]. Montmelian, 2013 [cit. 2018-12-23]. Dostupné z: <http://www.braillon.com/deutsch/elektro-magnetspannplatte-typ-emu.html?#top>
- [17] Technické vybavení NC a CNC strojů. In: *SŠ-COPT Kroměříž* [online]. Kroměříž, b.r. [cit. 2018-12-23]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=27586&revision=-1&instance=2>
- [18] LI, , YANG, Ji ZHAO a Shijun JI. A reconstructed variable regression method for thermal error modeling of machine tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. b.r., **2016**. DOI: 10.1007/s00170-016-9648-3. ISSN ISSN 0268-3768.
- [19] Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. *Technická zařízení budov* [online]. c2001-2018 [cit. 2018-12-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

<i>CNC</i>	Computer Numerical Control
<i>P</i>	výkon
λ	tepelná vodivost
<i>C</i>	tepelná kapacita
β	koeficient teplotní roz tažnosti

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

obr. 2-1	Brus se šlapacím pedálem [2].....	15
obr. 2-2	Rovinná bruska No. 2 [4].....	16
obr. 2-3	Rovinná bruska KNUTH HFS 3063 [6].....	17
obr. 2-4	Rovinná bruska Warco [7]	18
obr. 2-5	Rovinná bruska MetallKraft FSM 2045 [8].....	20
obr. 2-6	Rovinná bruska M-MOOS BP-50100-2AX [10].....	21
obr. 2-7	Rovinná bruska SMART-B1224-III [11]	22
obr. 2-8	Rovinná bruska ACC-42SA iQ [12].....	23
obr. 2-9	Rovinná bruska (vlastní dokumentace).....	26
obr. 2-10	Vnější části stroje [9]	27
obr. 2-11	Odebírání materiálu brusným kotoučem [14].....	28
obr. 2-12	Upínání brusného kotouče [14]	29
obr. 2-13	Vyvažování brusného kotouče [14]	29
obr. 2-14	Orovnávání brusného kotouče [14].....	30
obr. 2-15	Elektromagnetická upínací deska [16].....	30
obr. 2-16	Připojení chlazení [9].....	31
obr. 2-17	Hlavní ovládací panel [9]	32
obr. 2-18	Ovládací panel magnetizace [9]	33
obr. 4-1	Skici.....	37
obr. 4-2	Variantní studie I	38
obr. 4-3	Rozměry variantní studie I.....	39
obr. 4-4	Variantní studie II.....	40
obr. 4-5	Rozměry variantní studie II.....	40
obr. 4-6	Variantní studie III.....	41
obr. 4-7	Rozměry variantní studie III	42
obr. 5-1	Finální tvarové řešení	43
obr. 5-2	Kompoziční řešení	44
obr. 5-3	Lože	45

obr. 5-4	Detail přední lišty	45
obr. 5-5	Suport	46
obr. 5-6	Suport s upínací deskou.....	47
obr. 5-7	Sloup.....	47
obr. 5-8	Vřeteník	48
obr. 6-1	Rozměry.....	49
obr. 6-2	Vnější části stroje	50
obr. 6-3	Vnitřní uspořádání lože	51
obr. 6-4	Vnitřní uspořádání vřeteníku.....	52
obr. 6-5	Ovládací panel	53
obr. 6-6	Posuv v ose X	53
obr. 6-7	Posuv v ose Z.....	54
obr. 6-8	Posuv v ose Y	54
obr. 6-9	Ergonomické řešení	55
obr. 6-10	Přístup k zařízení zepředu	56
obr. 6-11	Ergonomie obsluhy stroje.....	57
obr. 6-12	Přístup k zařízení z boku	57
obr. 6-13	Výměna brusného kotouče	58
obr. 6-14	Použití ochranného plexiskla	59
obr. 7-1	Barevná paleta.....	60
obr. 7-2	Barevná varianta I	61
obr. 7-3	Barevná varianta II	61
obr. 7-4	Logotyp.....	62
obr. 7-5	Piktogramy	63
obr. 7-6	Grafický návrh displeje	63
obr. 7-7	Displej a použité logo	64
obr. 8-1	Navržené řešení rovinné brusky	65
obr. 8-2	SWOT analýza.....	67

13 SEZNAM TABULEK

tab. 2-1	Základní parametry brusky KNUTH HFS 3063 [6]	18
tab. 2-2	Základní parametry brusky Warco [7]	19
tab. 2-3	Základní parametry brusky FSM 2045 [9]	20
tab. 2-4	Základní parametry brusky BP-50100-2AX [10]	21
tab. 2-5	Základní parametry brusky SMART-B1224-III [11]	23
tab. 2-6	Základní parametry brusky ACC-42SA iQ [12].....	24
tab. 2-7	Materiál brusiva a pojiva [14]	27
tab. 2-8	Charakteristiky brusného kotouče [14]	28
tab. 2-9	Druhy vedení [17].....	31
tab. 2-10	Tepelné charakteristiky u vybraných materiálů [19]	33

14 SEZNAM PŘÍLOH

Předběžné zmenšené postery

Sumarizační poster A4

Designérský poster A4

Ergonomický poster A4

Technický poster A4

Fotografie rozpracovaného modelu

Samostatné přílohy

Sumarizační poster A1

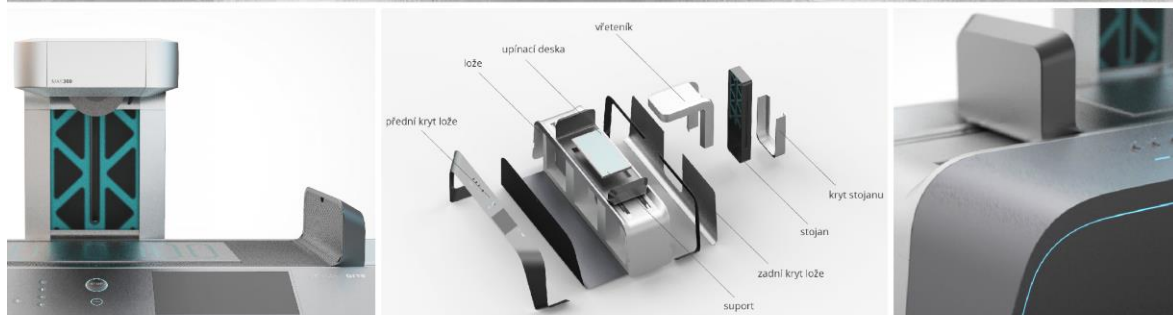
Designérský poster A1

Ergonomický poster A1

Technický poster A1

Model 1:10

15 ZMENŠENÉ POSTERY

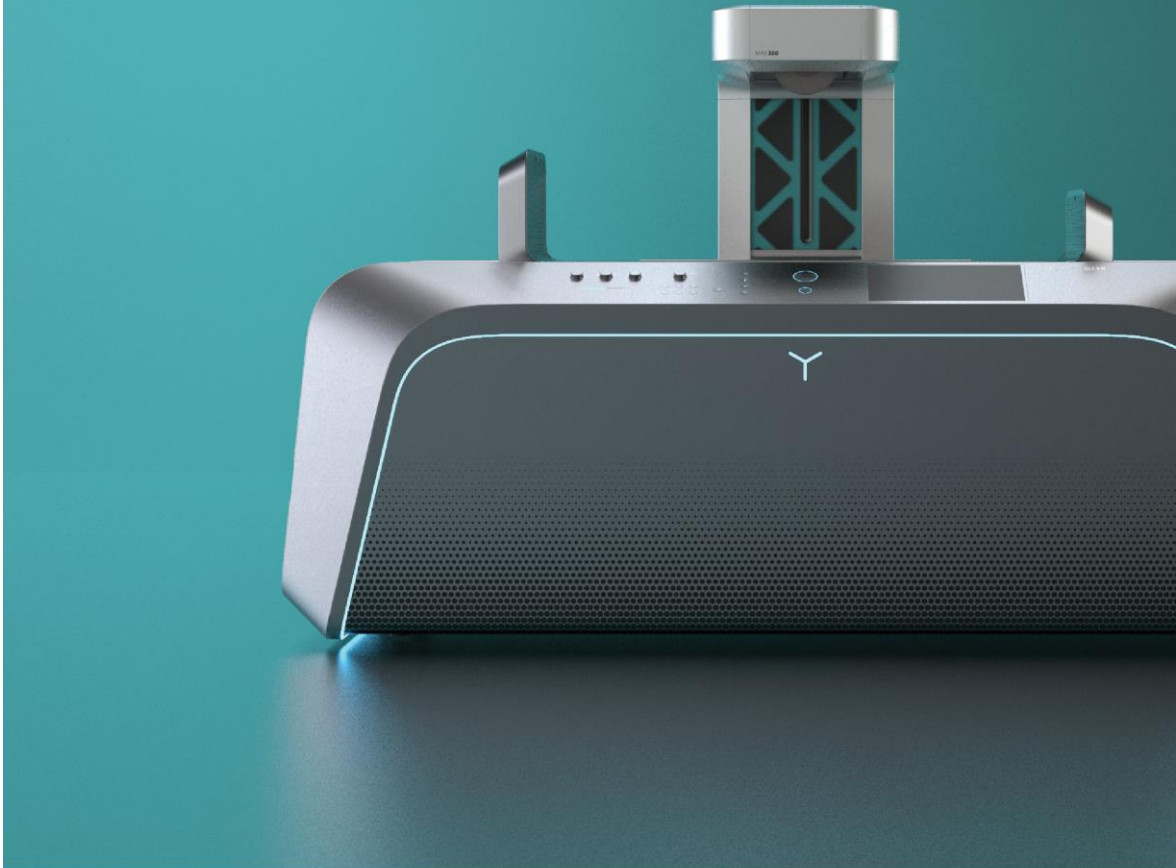


DESIGN BRUSKY NA PLOCHO / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Eva Bajková / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Krének, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19



SYGMA

DESIGN BRUSKY NA PLOCHO
Designérský poster



DESIGN BRUSKY NA PLOCHO / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Eva Bajková / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, A. I. D. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ



odbor
průmyslového
designu

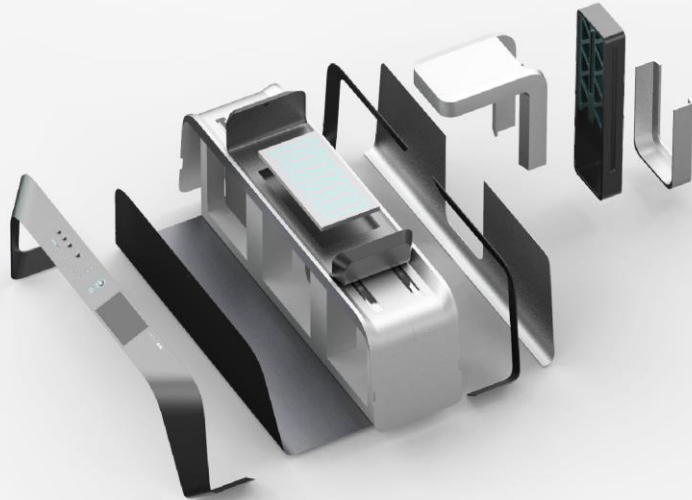


DESIGN BRUSKY NA PLOCHO / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Eva Bajková / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Kronek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19



SYGMA

DESIGN BRUSKY NA PLOCHO
Technický poster



DESIGN BRUSKY NA PLOCHO / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Eva Bajková / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2018/19



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ



odbor
průmyslového
designu

16 FOTOGRAFIE MODELU

